

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
-Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau-

Wirkungen des Grünrodens auf Ertrag, Knollenbeschaffenheit und Virusbefall zur Erzeugung von Kartoffelpflanzgut im ökologischen Landbau

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Dipl.-Ing. agr. Susanne Fittje
aus Bremen

Dekan: Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann
1. Berichterstatter: Prof. Dr. F. Taube
2. Berichterstatter: Prof. Dr. J.-A. Verreet

Tag der mündlichen Prüfung: 12.02.09

Kiel, 2009

Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Heft 62, 2009

ISSN: 1435-2613

Gedruckt mit Genehmigung
des Dekans der Agrarwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
2	Literaturübersicht.....	13
2.1	Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes.....	13
2.1.1	Vorbeugende Maßnahmen.....	13
2.1.2	Direkte Vektorregulation.....	16
2.1.3	Krautminderung.....	16
2.1.4	Virusbefallsprognose.....	25
3	Arbeitshypothesen	27
4	Material und Methoden	28
4.1	Versuchsfaktoren und Versuchsanlage	28
4.1.1	Versuchsfaktoren	28
4.1.2	Versuchsdurchführung	31
4.2	Sorten.....	32
4.3	Witterung.....	32
4.4	Methoden und Messparameter	34
4.4.1	Felderhebungen.....	34
4.4.2	Laboruntersuchungen	34
4.5	Einsatz des Prognosesystems „TuberPro“	36
4.6	Statistische Auswertung	38
5	Ergebnisse.....	39
5.1	Befallsflugintensität.....	39
5.1.1	Anzahl Blattläuse	39
5.1.2	Artenverteilung der Blattläuse	41
5.2	Virusbefall.....	48
5.3	Erträge und Sortierung	54
5.4	Virusbefallsprognose mittels „TuberPro“	58
5.5	Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit.....	59
5.5.1	Merkmale Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindelbildung	59
5.5.2	Merkmale <i>Rhizoctonia solani</i> und <i>Streptomyces scabies</i>	62
5.6	Merkmale der inneren Knollenbeschaffenheit	64
5.6.1	Keimfähigkeit	64
5.6.2	Lagerstabilität	64
5.7	Wiederaustrieb	66
5.8	N _{min} -Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode.....	67
6	Diskussion	71
6.1	Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen	71
6.2	Erträge und Sortierung	83
6.3	Ertrags- und Virusbefallsprognose mittels „TuberPro“	85
6.4	Merkmale der inneren und äußeren Knollenbeschaffenheit.....	87
6.4.1	Merkmale Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindelbildung, Keimfähigkeit	87
6.4.2	Merkmale <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Streptomyces scabies</i>	89
6.4.3	Lagerstabilität	92
6.5	Wiederaustrieb	93
6.6	N _{min} -Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode.....	94
6.7	Schlussbetrachtung und Ausblick.....	97
7	Zusammenfassung / Summary	99
7.1	Zusammenfassung	99
7.2	Summary	100
8	Literaturverzeichnis	101

9	Anhang	124
9.1	Statistische Verrechnung.....	124
9.1.1	Modell	124
9.1.2	Blattlausfänge	124
9.1.3	Virusbefall	126
9.1.4	Erträge und Sortierung	126
9.1.5	Äußere Knollenbeschaffenheit: Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindel	127
9.1.6	Äußere Knollenbeschaffenheit: <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Streptomyces scabies</i>	127
9.1.7	Innere Knollenbeschaffenheit: Keimfähigkeit	128
9.1.8	Innere Knollenbeschaffenheit: Lagerstabilität	128
9.1.9	N _{min}	129
9.2	Witterung.....	129
9.2.1	Temperatur, Niederschlag	129
9.2.2	Windgeschwindigkeit.....	133
9.2.3	Vergleich der Versuchsjahre in Bezug auf klimatische blattlauspopulationsbeeinflussende Faktoren (Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit)	136
9.3	Standortbeschreibung.....	137
9.3.1	Bewertung der Versuchsflächen nach Windoffenheit	137
9.3.2	Versuchsanlage	138
9.3.3	Termine der Krautminderung	139
9.3.4	Bewirtschaftung.....	142
9.3.5	Beurteilung der Pflanzgutvorbereitung.....	145

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zusammenspiel einiger wichtiger Faktoren, die den Virusbefall in der Pflanzguterzeugung beeinflussen (eigene Darstellung)	25
Abb. 2: Samka GCL, zum kombinierten Roden und Zudecken	29
Abb. 3: Räumliche Verteilung der Versuchsstandorte in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	29
Abb. 4: Struktur des Modells „EPOVIR“ nach Nemecek 2004.....	36
Abb. 5: Mittleres Aufkommen geflügelter Blattläuse in Gelbschalen pro Woche in den Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999 – 2001	40
Abb. 6: Aufkommen geflügelter Blattläuse in Gelbschalen pro Woche der Versuchsbetriebe in den Regionen Schleswig Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) im Jahr 1999... 40	
Abb. 7: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) nach Varianzanalyse (LSMEANS=least square means/Gradientenverfahren/SE= Standard error/Standard Fehler)	49
Abb. 8: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE).....	49
Abb. 9: Wechselwirkung der Faktoren Region (Schleswig-Holstein (SH), Niedersachsen (NS)) und Behandlung (Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2)) in den Jahren 1999 bis 2001 nach Varianzanalyse für leichte (PVS, PVX) und schwere Viren (PVA, PVM, PLRV, PVY)(LSMEANS/SE).....	50
Abb. 10: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE).....	51
Abb. 11: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE).....	51
Abb. 12: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut im Mittel der untersuchten Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)	52
Abb. 13: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut im Mittel der untersuchten Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE).....	52
Abb. 14: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut für die Jahre 1999 -2001 nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE) 53	
Abb. 15: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)	53
Abb. 16: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS) und frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE)	54
Abb. 17: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen (LSMEANS/SE)	54

Abb. 18: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE).....	55
Abb. 19: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung in den Jahren 1999-2001 (LSMEANS/SE).....	56
Abb. 20: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) der Jahre 1999-2001 für die Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) (LSMEANS/SE)	56
Abb. 21: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) in Abhängigkeit der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)	57
Abb. 22: Mittels „TuberPro“ prognostizierter Verlauf von Ertrag und Virusbefall unter Verwendung schlagspezifischer Parameter der Versuchsfläche 7 des Jahres 1999 unter Annahme von geringem (s_i 1, oben) und hohem (s_i 7, unten) Befallsdruck.....	58
Abb. 23: Anteil der Knollen mit Doppelhautbildung incl. Abschürfungen im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE).....	59
Abb. 24: Äußere Beschaffenheit des Pflanzgutes (Faule, Grüne und Kindel) im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE).....	61
Abb. 25: Auftreten von <i>Streptomyces scabies</i> und <i>Rhizoctonia solani</i> am Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE).....	62
Abb. 26: Auftreten von <i>Streptomyces scabies</i> und <i>Rhizoctonia solani</i> am Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen (LSMEANS/SE).....	63
Abb. 27: Keimfähigkeit (Anzahl der Augen und Triebe/Knolle) des Kartoffelpflanzgutes der Behandlungen Kontrolle (K) und frühes Grünroden (GR1), sowie der Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) (LSMEANS/SE)	64
Abb. 28: Gewichtsverluste während der Lagerung des Pflanzgutes (%) nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen (LSMEANS/SE)	64
Abb. 29: Gewichtsverluste während der Lagerung des Pflanzgutes (%) nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999-2001 (LSMEANS/SE)	65
Abb. 30: Merkmale der Lagerstabilität (Keimung) des Pflanzgutes nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Untersuchungsjahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)	65
Abb. 31: Wiederaustrieb der Sorte Linda auf Betrieb Nr. 5 im Jahr 1999	66
Abb. 32: Wiederaustrieb der Sorte Simone auf Betrieb Nr. 4 im Jahr 2001.....	66
Abb. 33: Prozentualer Wiederaustrieb nach Krautschlagen in Abhängigkeit der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE).....	67
Abb. 34: Zeitreihenanalyse der N_{\min} -Gehalte im Bodenprofil im Mittel aller geprüften Varianten (kg ha^{-1}) für den Zeitraum von Anfang September bis Anfang April (LSMEANS/SE).....	68

Abb. 35:Zeitreihenanalyse der N_{\min} -Gehalte im Bodenprofil (kg ha^{-1}) in Abhängigkeit der Varianten Kontrolle und Grünroden früh (LSMEANS)	68
Abb. 36:Zeitreihenanalyse der N_{\min} -Gehalte im Bodenprofil (kg/ha) in Abhängigkeit der Varianten Kontrolle und Grünroden früh für den Zeitraum von Anfang September bis Anfang April (LSMEANS)	69
Abb. 37:Mittleres Blattlausaufkommen in Relation zur Terminierung der Krautminderung sowie der Virusbesatz der Ernteknollen in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahren (K: Kontrolle, KS: Krautschlagen, GR1 und GR2: frühes und spätes Grünroden) eines Versuchsbetriebes der Region Niedersachsen im Jahr 1999	73
Abb. 38:Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 1999 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	77
Abb. 39:Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 2000 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	79
Abb. 40:Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 2001 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	82
Abb. 41:Doppelhautbildung als Folge der Rodung nicht schalenfesten Pflanzgutes der Variante Grünroden früh	87
Abb. 42:Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen Elpersbüttel, St. Peter Ording und Holtenau	130
Abb. 43:Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen Soltau, Celle und Faßberg	131
Abb. 44:Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	132
Abb. 45:Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen Elpersbüttel, St. Peter-Ording und Kiel Holtenau	133
Abb. 46:Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen Soltau, Celle und Faßberg..	134
Abb. 47:Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen	135
Abb. 48:Versuchsanlage mit den Varianten Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühem Grünroden (GR1) und spätem Grünroden (GR2) mit vorgekeimtem (vk) und nicht vorgekeimtem (nvk) Pflanzgut in zweifacher Wiederholung	138

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wirkung von Frühernteverfahren unterschiedlicher Autoren auf den Pflanzgutertrag und den Virusbefall	19
Tab. 2: Versuchsfaktoren und Faktorstufen	28
Tab. 3: Bodenkennwerte, Vorfrucht und organische Düngung der Versuchsflächen in Schleswig Holstein.....	30
Tab. 4: Bodenkennwerte, Vorfrucht und organische Düngung der Versuchsflächen in Niedersachsen	31
Tab. 5: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 1999	31
Tab. 6: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 2000	32
Tab. 7: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 2001	32
Tab. 8: Mittlere Temperaturen (in °C) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein (Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Faßberg)	33
Tab. 9: Niederschlagssummen (in mm) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein(Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Fassberg)	33
Tab. 10: Niederschlagsdauer (in Stunden) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein (Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Faßberg).....	33
Tab. 11: Mittlere Windgeschwindigkeit (in Meter/Sekunde) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein	33
Tab. 12: Klassengrenzen für die Indexberechnung auf <i>Streptomyces scabies</i>	35
Tab. 13: Klassengrenzen für die Indexberechnung auf <i>Rhizoctonia solani</i>	35
Tab. 14: Standortspezifische Eingangsvariablen der Versuchsfläche von Betrieb 7 im Jahr 1999	37
Tab. 15: Summe geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 bis 2001	39
Tab. 16: Mittlere Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen im Gesamtfang und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen der Jahre 1999 und 2001	42
Tab. 17: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Schleswig-Holstein über die Vegetationsperiode 1999	44
Tab. 18: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Niedersachsen über die Vegetationsperiode 1999	45
Tab. 19: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Schleswig-Holstein über die Vegetationsperiode 2001	46
Tab. 20: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Niedersachsen über die Vegetationsperiode 2001 (%)	47
Tab. 21: Variation des Faktors TuberInfectionDelayAfterHK (Tuber infection delay after Haulm killing) zur Simulation von Wiederaustrieb nach Krautschlagen	59

Tab. 22: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ für das Merkmal Doppelhaut (%)	60
Tab. 23: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ für das Merkmal grüne Knollen (%)	61
Tab. 24: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Region“ für das Merkmal <i>Rhizoctonia solani</i> (Index) der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)	63
Tab. 25: Wiederaustrieb nach Krautschlagen an den Versuchsstandorten in Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999-2001 in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung	67
Tab. 26: Zeitreihenanalyse der N_{\min} -Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm nach dem Anbau von Pflanzkartoffeln für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen und die Jahre 1999 und 2000 (LSMEANS/SE)	70
Tab. 27: Zeitreihenanalyse der N_{\min} -Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm für den Zeitraum Anfang September bis Anfang April für die Jahre 1999 und 2000 (LSMEANS/SE)	70
Tab. 28: Gestaffelte Testung auf schwere und leichte Viren einer Variante (Kontrolle, vorgekeimt, 1. Wiederholung) von Betrieb 7 in Niedersachsen (%)	72
Tab. 29: Temperatursummen vom 11. bis 31. Juli der Versuchsstandorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen und der Jahre 1999-2001	76
Tab. 30: Verluste bei der Feldbestandsprüfung 1999-2000 in % (ohne Erfolg geprüft oder zurückgezogen), Quelle Erbe und Neubauer (2003)	80
Tab. 31: Befall der Ernteknollen mit <i>Rhizoctonia solani</i> (Index 0-100) nach Krautschlagen und Grünroden in den Jahren 1991 und 1993 nach Lootsma und Scholte (1996)	91
Tab. 32: Mittlere pH-Werte der Standorte in den Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999-2001	91
Tab. 33: Mittlere Temperaturen im September der Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 und 2000	96
Tab. 34: Mittlere Niederschlagssummen über den Zeitraum der winterlichen N_{\min} -Beprobung der Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 und 2000	96
Tab. 35: Kosten des überbetrieblichen Einsatzes unterschiedlicher Krautminderungsverfahren pro ha (Marsch 2001)	97
Tab. 36: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Blattlausaufkommen	124
Tab. 37: Mittelwerte (LSMEANS) und Grenzen des 95 % Konfidenzintervalls der Faktoren Jahr (J), Region (R) und Termin (T) für geflügelte Blattläuse in Gelbschalen	125
Tab. 38: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Virusbefall mit PVA, PVM, PLRV, PVS und PVX sowie der Summe der leichten und schweren Viren	126
Tab. 39: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Bruttoertrag, Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28 – 35 mm)	126

Tab. 40: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Merkmale der äußeren Beschaffenheit des Pflanzgutes (Doppelhautbildung, Fäulnis, Grüne und Kindelbildung)	127
Tab. 41: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Merkmale <i>Rhizoctonia solani</i> und <i>Streptomyces scabies</i>	127
Tab. 42: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Keimfähigkeit des Pflanzgutes (Anzahl Augen und Triebe)	128
Tab. 43: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Lagerstabilität mit den Merkmalen Gewichtsverlust, Keimung, Trockenfäule, Nassfäule, Verluste gesamt und dem Befallswert für <i>Rhizoctonia solani</i> im Dezember und März.....	128
Tab. 44: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung der Zeitreihen mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor N _{min} , für die Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und 0-90 cm	129
Tab. 45: Vergleich mittlerer Temperaturen der Monate April und Mai an den Standorte Holtenau (Schleswig-Holstein) und Soltau (Niedersachsen) der Jahre 1999 und 2000	129
Tab. 46: Temperaturmittel, Niederschlagssummen und Mittlere Windgeschwindigkeiten im Mittel der Standorte in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen.....	136
Tab. 47: Bewertung der Versuchsflächen in Schleswig-Holstein auf „Windoffenheit“	137
Tab. 48: Bewertung der Versuchsflächen in Niedersachsen auf „Windoffenheit“	137
Tab. 49: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 1999 (Vegetationstage/EC-Stadium)	139
Tab. 50: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 2000 (Vegetationstage/EC-Stadium)	140
Tab. 51: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 2001 (Vegetationstage/EC-Stadium)	141
Tab. 52: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 1999.....	142
Tab. 53: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 2000.....	143
Tab. 54: Betriebsübliche Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 2001	144
Tab. 55: Beurteilung der Pflanzgutvorbereitung für die Variante Vorkeimen der Jahre 1999-2001	145

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
dt	Dezitonne
EC	Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von Pflanzen
GR1	Grünroden früh
GR2	Grünroden spät
ha	Hektar
i.d.R.	in der Regel
K	Kontrolle
k. A.	keine Angaben
KS	Krautschlagen
KW	Kalenderwoche
LSMEANS	least square means/Gradientenverfahren
m	Meter
mm	Millimeter
N	Stickstoff
n.s.	nicht signifikant
N _{min}	Summe von Nitrat- und Ammoniumstickstoff im Boden
NS	Niedersachsen
nvk	nicht vorgekeimt
p	Wahrscheinlichkeit
pH	negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
PLRV	Potato leaf roll virus; Kartoffel-Blattroll Virus
PVA	Potato virus A; Kartoffel-A Virus
PVM	Potato virus M; Kartoffel-M Virus
PVS	Potato virus S; Kartoffel-S Virus
PVX	Potato virus X; Kartoffel-X Virus
PVY	Potato virus Y; AKartoffel-Y Virus
SE	Standard error/Standard Fehler
SH	Schleswig-Holstein
vk	vorgekeimt

1 Einleitung

Die Bundesrepublik Deutschland war mit 18.570 ha im Jahr 2004 hinter den Niederlanden der zweitgrößte Pflanzgutproduzent in Europa (Hambloch et al. 2005). Um die nach Schätzungen von Schuhmann benötigten 700.000 t Kartoffelpflanzgut zu erzeugen, wird auf einer Anbaufläche von rund 15.000 ha zertifiziertes Pflanzgut produziert (Schuhmann 1997). Zudem wird nach einer Kalkulation von Schuhmann 45 % des Z-Pflanzgutes noch einmal nachgebaut (Schuhmann 1997). Niedersachsen besitzt die vor Mecklenburg-Vorpommern größte Vermehrungsfläche, Schleswig-Holstein steht bundesweit nach Bayern an vierter Stelle (Hambloch et al. 2005). Unter ökologischen Anbaubedingungen wurden im Jahr 2001 auf ca. 300-350 ha Pflanzkartoffeln erzeugt (Böhm & Haase 2003). Da offiziell keine Angaben zur Vermehrung im ökologischen Landbau vorliegen, gehen die Schätzungen auf Angaben der Züchter und auf Auswertungen der Anerkennungsergebnisse einzelner Landespflanzenchutzämter zurück (Möller et al. 2003).

Mit der Produktion von Pflanzgut können nach Tiedge (1985) hohe Deckungsbeiträge erzielt werden. Die Erträge in der Produktion von ökologischem Pflanzgut liegen nach Schlüter (1992) um 25 % unter denen für Speiseware. Neben dem Risiko der Aberkennung entstehen dem Vermehrer zusätzliche Aufwendungen für Anerkennungsgebühren, Bereinigung und Lagerung. Ist eine Partie aberkannt, kann sie nur noch als Speise- bzw. Futterware verkauft werden (Erbe 1997).

Anerkannt ökologisches Pflanzgut wird mit einem Aufschlag gehandelt (Schuhmann 1997). Die erzielten Erlöse beim Verkauf ökologisch erzeugten Pflanzgutes liegen im Vergleich zu konventioneller Ware nach Lübbertsmeyer (2004) zitiert in Döring um 150 € t⁻¹ höher (Relation Saatgut:Ware: 1,5), während sie beim Pflanzgutkauf ca. 300 € t⁻¹ (Relation Saatgut:Ware: 2:1) betragen (Döring 2005).

Seit dem 01.01.2004 regelt die Verordnung (EG) Nr. 1452/2003 vom 14. August 2003 die Verwendung von Pflanzgut im ökologischen Landbau. Ökologisch erzeugtes Pflanzgut muss mindestens während einer Generation auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb vermehrt worden sein (EU-VO 2092/91). Die Datenbank OrganicXseeds bündelt das Angebot in Deutschland und stellt die Transparenz des Pflanzgutmarktes her (<http://www.organicxseeds.com>). Nur bei nachweislicher Nichtverfügbarkeit geeigneter Sorten für den einzelnen Betrieb ist die Erlangung einer Ausnahmegenehmigung für den Einsatz konventionellen Pflanzgutes möglich. Mangels Verfügbarkeit wurde in der Vergangenheit auch im ökologischen Landbau überwiegend Pflanzgut aus konventioneller Produktion eingesetzt (Kölsch & Stöppler 1989), ein Grund warum sich der ökologische Saatgutmarkt nach Wiethaler et al. (2000) noch im Jahr 2000 in der Entwicklung befand. Nach Umfragen von Rahmann et al. (2004) ist in der Regel jedoch genügend zertifiziertes Pflanzgut aus ökologischer Vermehrung verfügbar, welches im Mittel ein Jahr im Betrieb nachgebaut wird. Demnach mussten im Jahr 2002 nur 6 % der 82 untersuchten Betriebe Pflanzgut aus konventioneller Produktion beziehen.

Im Mittel von 14 Jahren (1991-2004) wurden in Deutschland 96,55 % der Vermehrungsflächen mit Erfolg feldbesichtigt, zum größten Anteil mittelfrühe Speisesorten (Hambloch et al. 2005). Die Anerkennungsraten variierten dabei von 89 bis 99 %. Zwischen den einzelnen Bundesländern bestehen z.T. erhebliche Unterschiede in den Anerkennungsraten, siehe z.B. in der Auswertung von Döring (2005), denn neben den Unterschieden zwischen den Jahren hat der Standort oft einen noch größeren Einfluß auf den Gesundheitswert des Pflanzgutes (Schuhmann 1997). Nach praxisnaher Literatur werden generell auch bei der Anerkennung ökologisch erzeugten Pflanzgutes gute Erfolgsraten von 75-100 % erreicht (Purmann 1997). Nach einer bundesweiten Umfrage von Schlüter im Jahr 1991 liegen die Anerkennungsraten

bei 80 %, während Liedmann und Kolbe (1997) diese mit 90 bzw. 95 % noch höher einschätzten. In vielen Fällen waren die Anerkennungsergebnisse unter ökologischer Bewirtschaftung verglichen mit konventionell wirtschaftenden Betrieben ähnlich oder besser (Schlüter 1992; Zellner 1999; Kainz 2000; Bremer 2003; Karalus 2003). So lag der Besatz an schweren Viren von 1999-2002 bei ökologischer Vermehrung bei 0,57-1,28 %, während konventionelle Betriebe 0,29-3,3 % aufwiesen (Krellig & Mehner 2003). Mögliche Ursachen für bessere Ergebnisse unter ökologischen Anbaubedingungen sind sehr wahrscheinlich auf die Unterschiede im Düngungsregime und dessen Auswirkungen auf Habitus (Blattfarbe, Kutikula), Inhaltsstoffe (Aminosäuregehalte, Zuckergehalte) oder die Physiologie der Pflanze (Wiederaustriebsneigung), zurückzuführen (Zellner 1999; Kainz 2000; Fittje et al. 2001), wozu jedoch bisher fundiert wissenschaftliche Untersuchungen fehlen (Böhm et al. 1997).

Knollenbürtige Viren sind nach Rieckmann (2000b) hauptverantwortlich für die Aberkennung von Pflanzgutpartien und haben immer noch große Bedeutung im Kartoffelbau (Grocholl 2001). I.d.R. (in der Regel) werden je Prozent Befall rund 0,5 % bis 0,7 % Ertragsminderungen verursacht (Schuhmann 1994; Hebeisen & Nemecek 2001; Anonymus 2001b). Das häufigste und wirtschaftlich bedeutendste Virus ist seit vielen Jahren Kartoffel-Y Virus (PVY) (Bokx & Piron 1985; Schenk 1990; Sigvald 1992; Thieme et al. 1998; Kürzinger & Kürzinger 2001; Ruiz de Arcaute et al. 2002; Schubert et al. 2003; Kürzinger 2003; Flatken & Maiss 2003; Schöber-Butin 2003; Schubert et al. 2004; Zahn 2004). Bei der Pflanzgutenerkennung in Sachsen im Jahr 2002 waren 94,6 % der Infektionen auf das Y-Virus zurückzuführen (Krellig & Mehner 2003). Auch in der Beschaffenheitsprüfung in Mecklenburg-Vorpommern wurde 2002 zu 98,5 % PVY nachgewiesen (Kürzinger & Kürzinger 2003). Es treten derzeit mehrere Stämme und Unterstämme mit unterschiedlicher Virulenz von latentem Befall bis zu starkem Blattbefall auf (Blanco-Urgoiti et al. 1998; Kürzinger 2003).

Die Maßnahmen, die in der Praxis zur Erzeugung möglichst virusfreien Pflanzgutes ergriffen werden, unterscheiden sich je nach Bewirtschaftungsform grundlegend. Unter konventioneller Bewirtschaftung konzentriert man sich überwiegend auf die Vektorenbekämpfung mittels Insektiziden. Da diese jedoch mit zunehmender Bedeutung des nicht persistent übertragenden PVY in ihrer Wirksamkeit in Frage gestellt sind (Hunnius 1960; Heimbach et al. 1998; Zellner 1998) zudem wegen zunehmender Insektizidresistenz der Blattläuse (Perring et al. 1999) die chemische Kontrolle von Blattläusen komplizierter wird (Barker & Dale 2004), bemüht man sich in der Forschung daher verstärkt um die Züchtung resistenter Sorten mittels gentechnischer Methoden (Steinberger 2003). Dem ökologischen Landbau stehen demgegenüber keine wirksamen Maßnahmen zur direkten Regulierung der Virusüberträger zur Verfügung und der Einsatz gentechnischer Methoden in der Züchtung ist grundsätzlich nicht erwünscht. Dementsprechend stützt sich die Vermehrung im ökologischen Landbau auf Verfahren des vorbeugenden Pflanzenschutzes, vor allem der mechanischen Krautminderung. Im Mittelpunkt der Forschung stehen derzeit neben der Adaptation und Optimierung altbekannter Techniken der Pflanzguterzeugung (z.B. Vorkeimen) die Möglichkeiten der Minderung des Anflugreizes für Vektoren (Karus 1998a; Kainz 2000; Döring & Saucke 2001; Döring & Saucke 2003; Saucke & Döring 2004).

Jahre, die vektorenbedingt durch einen hohen Virusbefallsdruck gekennzeichnet sind, wirken sich massiv auf die Pflanzgutpreise und die Infektionsraten in den Folgejahren aus (Klein & Hunnius 1979; Weidemann 1993; Oerke et al. 1994). Da Virusepidemien im Kartoffelbau keine Seltenheit sind und sich periodisch wiederholen (Hunnius 1960; Weidemann 1990; Schöber-Butin 2003), werden zur Sicherung der Pflanzgutverfügbarkeit im ökologischen Landbau Strategien benötigt, die langfristig eine Versorgung mit qualitativ hochwertigem Pflanzgut auch nach problematischen Jahren garantieren können. Dabei muss zudem berücksichtigt werden, dass auch bei einer weiteren Ausdehnung dieser Bewirtschaftungsform in

Deutschland die Pflanzgutverfügbarkeit gesichert sein sollte. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, Verfahrensalternativen für das Anbausystem des ökologischen Landbaus zu prüfen, die zum einen das Anbaurisiko erheblich reduzieren, zum anderen eine hohe Pflanzgutqualität (Gesundheitswert) gewährleisten und den Anteil marktfähiger Ware optimieren. Das „Dreigeteilte Ernteverfahren“ oder „Grünroden“, das seit Anfang der 90er Jahre entwickelt und wissenschaftlich untersucht wurde, erfüllt wesentliche Voraussetzungen, die an eine nicht chemische, aber dennoch effektive Krautminderung gestellt werden. Ob dieses Verfahren geeignet ist, eine umweltfreundliche Pflanzguterzeugung mit hoher Qualität im Anbausystem des ökologischen Landbaus zu gewährleisten, wurde in der vorliegenden Arbeit unter norddeutschen Klimaverhältnissen untersucht.

2 Literaturübersicht

2.1 Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

Die meisten im folgenden beschriebenen wissenschaftlichen Untersuchungen zur Pflanzguterzeugung beziehen sich auf konventionelle Bewirtschaftung, die Ergebnisse sind jedoch in der Regel auch auf den Pflanzkartoffelbau im ökologischen Landbau übertragbar.

2.1.1 Vorbeugende Maßnahmen

Da Viren wegen ihrer engen Wirt-Parasit-Verhältnisse nicht kurativ zu begegnen ist (Weidemann 1993), begrenzt sich der Handlungsspielraum in der Pflanzguterzeugung auf vorbeugende Maßnahmen wie Standortwahl und Bewirtschaftung oder der Bekämpfung und Abschreckung der Vektoren. Da die einzelnen Maßnahmen für sich allein nur geringe Wirkung zeigen, ist eine Kombination i.d.R. sinnvoll (Vogt 1961; Weidemann 1988).

Standortwahl: Um Infektionsquellen auszuschließen, sollten Konsum- und Pflanzkartoffelschläge möglichst getrennt werden (Münster 1958; Neitzel & Pfeffer 1959; Kürzinger & Kürzinger 2001). Gesundlagen oder Isolierlagen sind für die Pflanzguterzeugung vorzuziehen (Hofferbert 1986). Gesundlagen befinden sich aufgrund der klimatisch günstigen Verhältnisse z.B. in Mecklenburg-Vorpommern, wo per Landesgesetz die Einfuhr und der Einsatz von Pflanzgut, sowie Pflanzenschutzmaßnahmen geregelt sind und auch durch die EU bestätigte Schutzgebiete (sog. high grade regions) ausgeschrieben wurden (Schuhmann 1997). Rieckmann (2001a) warnt jedoch vor einer Überbewertung von Isolierlagen, da die für die Definition zugrundegelegten Entfernungen auf einer angenommenen Zerfallszeit des Virus von 20 Minuten beruhen, welche nach neueren Erkenntnissen z.T. mehr als 24 Stunden betragen kann.

Sortenwahl: Unterschiedliche Sortenanfälligkeit wurden bisher sowohl für PLRV (Potato leaf roll virus; Kartoffel-Blattroll Virus), PVM (Potato virus M; Kartoffel-M Virus), PVS (Potato virus S; Kartoffel-S Virus) als auch für PVY (Potato virus Y; AKartoffel-Y Virus) gefunden (Bode & Weidemann 1971; Beemster 1976; Storch & Manzer 1985). Arenz (1959), Schick (1952) und Zobelt (1998) betonen den großen Einfluss der Sorte auf den Virusbefall. Anfälligkeit und Reifezeitpunkt sind nach Neitzel und Pfeffer (1959) für die unterschiedliche Reaktion der Sorten verantwortlich. Sie beschrieben differenzierte Abwanderungsgeschwindigkeiten für PLRV an vergleichsweise anfälligen Sorten, welche für frühe Sorten 8-10 Tage, für mittelfrühe Sorten 10-12 Tage und für späte Sorten 14-16 Tage betrug. Auch Winiger und Bércecs (1974) stellten bedeutende Unterschiede im Virusbefall (Blattroll- und Mosaiksymptome) für das schweizerische Richtsortiment durch Versuche in den Jahren 1963-1972 fest. Die stärksten Ertragsrückgänge wurden hier wie bei Neitzel und Pfeffer (1959) bei den frühen und mittelfrühen Sorten beobachtet. Zobelt (1998) konnte für hoch und mittel anfällige Sorten Infektionsraten mit PVY von 5,5-12 % feststellen, während eine wenig anfällige Sorte keine Knolleninfektionen aufwies. Auf Flächen mit hohem Infektionspotential empfiehlt es sich, Sorten mit geringer Anfälligkeit nach der beschreibenden Sortenliste anzubauen (Kürzinger & Kürzinger 2001), auch wenn Hinrichs-Berger und Landsmann (2000), Schuhmann (1994) und Zobelt (1998) das in der Praxis nicht immer bestätigen konnten. Kürzinger und Kürzinger (2001) verglichen anhand der Anerkennungsergebnisse in Mecklenburg-Vorpommern der Jahre 1998 bis 2000 den Bezug zur PVY-Resistenz der angebauten Sorten und stellten eine Zunahme der aberkannten Flächen von 2,2 auf 9,4 mit zunehmender PVY-Anfälligkeit der Sorte fest.

Pflanzendichte: Da der Einflug der Blattläuse dicht über dem Boden stattfindet (Müller & Unger 1952), verhindern ein gleichmäßiges Auflaufen und ein geschlossener Bestand die Einwanderung über den freien Bodenraum (Müller 1953). So konnte die Infektionsrate in einem geschlossenen Bestand nach Power (1990) um 62 % verringert werden. Auch Weidemann

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

(1986) berichtete von einer signifikant erhöhten Befallsrate mit PVS (8,1 %) und PVM (11,7 %) mit zunehmendem Pflanzabstand. Nemecek (1995a) und Power (1990) beobachteten einen „Verdünnungseffekt“ bei Erhöhung der Pflanzenzahl, da sich die Anzahl Vektoren pro Pflanze verringert. Ein geschlossener Bestand lässt sich unter anderem durch eine gebrochene Sortierung (Kainz 2000) und die Wahl physiologisch älterer Knollen mit höherer Keimkraft erreichen (Ittersum 1992).

Düngung und Wasserversorgung: Häufiger Gegenstand der Forschung zur Bewirtschaftung von Pflanzgutbeständen war in der Vergangenheit der Einfluss der Düngung auf den Virusbefall, wobei sich ein signifikanter Zusammenhang nicht immer nachweisen ließ (Bawden & Kassanis 1950a; Diercks 1953; Schepers & Beemster 1976). Bawden und Kassanis (1950a) wiesen in diesem Zusammenhang auf die bestehenden Wechselwirkungen der einzelnen Nährstoffe hin und Hunnius (1967) auf die Abhängigkeit vom Infektionsdruck. Hunnius (1967) und Wislocka (1982) konnten unterschiedliche Reaktionen bei anfälligen und weniger anfälligen Sorten feststellen und Hunnius (1967) die abnehmende Wirkung der Düngung mit späterem Infektionstermin. So reagierten in Versuchen von Hunnius (1967) nur anfällige Sorten mit erhöhtem Befall unter steigender Düngungsintensität und mit späteren Infektionsterminen (Ende Juni/Anf. Juli; ca. eine Woche nach der Blüte) verringerte sich der Einfluß der N-Gabe (Stickstoff, 60-120 kg) (Hunnius 1967), während bei weniger anfälligen Sorten der Einfluß der Umweltfaktoren vermutlich größer war (Wislocka 1982). Bireki et al (1964) konnten im Versuch zudem eine differenzierte Reaktion einzelner Viren auf unterschiedliche Nährstoffe nachweisen (Birecki et al. 1964). Am häufigsten ließ sich der Einfluss von Stickstoff und Phosphat auf den Virusbefall belegen. Generell ist die Wirkung einzelner Dünger jedoch auch von der Verfügbarkeit und Balance der anderen Nährstoffe abhängig und in diesem Zusammenhang zu beurteilen (Bawden & Kassanis 1950b). Eine übermäßige Stickstoff-Düngung führt in der Pflanze zu einer Betonung der Bildung N-haltiger Inhaltsstoffe (Chlorophyll, Aminosäuren, Protein usw.) auf Kosten der Kohlenhydrate und damit zu einer schwachen Ausbildung der Zellwände und des Halmstützgewebes (Amberger 1996). Bei sehr starkem N-Überschuß treten übermäßig große Blätter mit großlumigen Zellen und schwammig-weichem Gewebe auf, die bevorzugt von Insekten, Pilzen und Bakterien befallen werden. Nach Versuchen von Diercks (1953) und Schepers und Beemster (1976) führte eine hohe Stickstoff-Versorgung zu beschleunigter Infektion, während geringere N-Versorgung die Infektionsfähigkeit minderte (Böning 1929; Diercks 1953). Da die Ableitung der Assimilate in den Blättern nach Böning (1929) vor allem von der Menge des verfügbaren Stickstoffs abhängig ist, findet bei übermäßiger Stickstoffversorgung eine schnelle Ausbreitung des Virus in der Pflanze und die Ableitung in die Knollen statt. N-Überschuss verlängert dabei zusätzlich die Vegetationsperiode und verzögert die Altersresistenz (Beemster 1987), gleichzeitig werden die Symptome an den Pflanzen maskiert, was eine Bereinigung kranker Pflanzen im Bestand erschwert (Diercks 1953; Arenz & Hunnius 1959; Wenzl 1973). Auch die Attraktivität für die Vektoren nimmt mit steigender Stickstoff-Versorgung der Pflanze zu (Carter & Harrington 1991) und begünstigt die Vermehrung von Blattläusen (Silva-Krott et al. 1995). Pflanzenstärkend wirken sich phosphorhaltige Düngemittel aus, da dem Phosphor eine wichtige Funktion als Stützelement zukommt und so auch der Blattlaus den Einstich erschwert (Amberger 1996). Zudem wird die Abwanderung des Virus verzögert und die Altersresistenz gefördert (Diercks 1953; Schepers & Beemster 1976; Hunnius & Müller 1979; Beemster 1987). Unter Kalium-Mangelbedingungen kommt es zu einer Anhäufung von löslichen N-Verbindungen (Nitrat, Aminosäuren, Amiden), was den Aufbau von Stützelementen vermindert (Amberger 1996). K-Mangel wirkt verkürzend auf die vegetative Wachstumsphase, während Kaliüberschuss generell die Vegetation verlängert (Diercks 1953).

Neben dem Einfluß der Düngung kann auch die Wasserversorgung die Infektionswahrscheinlichkeit beeinflussen. Nach Versuchen von Wislocka (1982) ließen sich von Pflanzen, die

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

nach der Inokulation mit PVY^N zu verschiedenen Zeiten der Trockenheit ausgesetzt waren, etwa doppelt soviel infizierte Knollen ernten (82-89 %, signifikant), als von Pflanzen, die bei optimalen Feuchtigkeitsverhältnissen aufwuchsen.

Pflegemaßnahmen: Vor dem Hintergrund mechanischer Übertragbarkeit sollte unnötiges Überfahren des Bestandes verhindert werden (Weidemann 1986). Zudem stellen viele Wildkräuter Infektionsquellen für PVY dar (u.a. Kamille und Gänsefußgewächse) und übertragen die Infektion z.T. an die Samen weiter (Kürzinger et al. 2004a).

Pflanzzeitpunkt: Nach Versuchen von Sigvald (1985) stieg die Anzahl PVY^O-infizierter Knollen unabhängig von der Pflanzgutvorbereitung, wenn das Pflanzgut später gelegt wurde (signifikanter Unterschied zwischen frühem Pflanztermin (Mitte Mai) mit Vorkeimen und spätem Pflanztermin (Anfang Juni) ohne Vorkeimen: 1976: 90,6 % und 95,5 %, 1977: 0,34 % und 4,1 %), was auch Handizi und Legorburu (2002) bestätigen konnten. Da bei spätem Pflanzen der Frühjahrsflug der Blattläuse i.d.R. mit dem Zeitraum hoher Anfälligkeit junger Pflanzen zusammenfällt, wird zur Pflanzguterzeugung frühes Pflanzen angeraten (Todd 1961). Pflanzungen ab Mai führten in vielen Versuchen zu kritischen Anteilen viruskranker Pflanzen. Das Legen vom 20. April bis 8. Mai ergab nach Versuchen von Bernuth (1949) beim Nachbau Virus-Prozente von 5 %, während im Zeitraum vom 10. Mai bis zum 30.5. progressiv ansteigend 10-60 % der Pflanzen infiziert wurden. Auch Cadman und Chambers (1960) fanden in älteren Beständen im Vergleich zu jüngeren (gepflanzt von der 1. April- bis zur 3. Maiwoche) einen geringeren Virus-Befall (10 % zu 23 %).

Vorkeimen: Durch Vorkeimen wird die produktive Wachstumszeit bei beschleunigter Reife verlängert und der Anteil von Fehlstellen und Kümmerpflanzen deutlich verringert (Müller et al. 1959). Zudem können viruskranke Stauden 8-14 Tage früher erkannt werden (Vogt 1959; Karalus & Rauber 1997). Positive Ertragswirkungen von 8-28 % werden in vielen Untersuchungen bestätigt (Vogt 1959; Karalus et al. 1995; Karalus & Rauber 1997; Pagel & Hanf 1997; Karalus 1998b; Meinck 1999; Kainz 2000; Böhm 2001; Reents et al. 2001) und machen eine frühe Krautminderung ökonomisch vertretbar (Hunnius & Müller 1979; Ittersum 1992). Die durch das Vorkeimen bewirkte Vorverlegung der Altersresistenz (Karus 1998b; Kürzinger & Kürzinger 2001) wird die Abwanderungsgeschwindigkeit des Virus in die Knollen vermindert. Sigvald (1985) erreichte durch Vorkeimen im Mittel von zwei Jahren eine PVY^O-Reduzierung von 4,33 % und auch Andersson et al. (2002) berichteten von einer Verringerung infizierter Knollen im Erntegut. Vorkeimen des Pflanzgutes kann jedoch auch zu höherem Virusbefall führen, wenn der Frühjahrsflug der Vektoren mit dem Auflauf vorgekeimter Bestände zusammenfällt, während die Keimlinge nicht vorgekeimter Knollen zu diesem Zeitpunkt die Bodenoberfläche noch nicht erreicht hätten (Saucke & Döring 2004).

Bereinigung oder Selektion: Vor Ausbruch einer Epidemie baut sich der Infektionsdruck in der Umgebung i.d.R. über viele Jahre stetig auf (Rohloff 1979). Kartoffeldurchwuchs, virustragende Ackerwildkräuter und erkrankte Kartoffelpflanzen im Bestand oder der Umgebung stellen Infektionsquellen für Vektoren dar (Rönnebeck 1955; Schwarz 1959; Beemster 1976; Beemster 1979; Kürzinger & Kürzinger 2001; Takacs et al. 2002). Mit zunehmender Entfernung von der Quelle nimmt die Infektionsgefahr ab. Cherif und Hattab (1994) konnten diesen Zusammenhang für PVY anhand einer Regression ($R^2=0,94$) beschreiben. Während die Infektionswahrscheinlichkeit im Mittel von zwei Standorten bei einem Abstand von 0,75m von der Quelle 50 % betrug, blieb sie ab einer Distanz von 2,25m konstant unter 3 %. Auch Singh et al. (1984) konnten feststellen, dass sich die meisten primär mit PVY infizierten Pflanzen bis zu einem Abstand von 2,4 m (Meter) um den Infektor befanden. Schon bei einem Anteil von 5 % kranker Pflanzen im Bestand beträgt der Anteil schwer bedrohter Nachbarstauden nach Rönnebeck (1955) 45 % des Gesamtbestandes. Primärinfektionen im Bestand sind durch Bereinigung kranker Pflanzen zu unterbinden (Neitzel & Pfeffer 1959; Sigvald 1992; Pfahler

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

1996). Zellner (1999) konnte so im Versuch (1996-1998) den PVY-Gehalt im Erntegut durch Bereinigung um mittlere 2,9 % senken. Jedoch lassen sich kranke Pflanzen i.d.R. visuell nicht vollständig erfassen, Nemecek et al. (1995a) zeigten in ihren Versuchen, dass durch die Säuberung nur ca. 50 % der sekundär virusinfizierten Pflanzen entfernt werden konnten. Bedeutend schwieriger ist zudem nach Rieckmann (2004) die Bereinigung primär infizierter Pflanzen, da diese häufig nicht oder nur kaum sichtbar sind. Widersprüchliche Ergebnisse zum Erfolg von Bereinigungsmaßnahmen liegen in Bezug auf das Blattrollvirus vor, welche über die lange Retentionszeit nach der Übertragung im Vektor zu erklären ist. Schleusener und Goerlitz (1952) konnten den Gesamtvirusbesatz nach Frühpflanzung mit rechtzeitiger Selektion auf 2/3, nach Normalpflanzung um die Hälfte senken. Im Gegensatz dazu wirkte sich eine frühe Selektion in Versuchen von Rönnebeck (1955) nur unwesentlich auf den Virusgehalt der benachbarten Pflanzen aus (Kontrolle 39 %, Selektion 33 %). Hier fiel jedoch Ende Mai der Auflauf der Kartoffeln mit dem Beginn des Frühjahrsfluges von *Myzus persicae* zusammen. Schon Ossiannilsson (1966) stellte für den Gebietsvergleich Schottland/England fest, dass der Bereinigungserfolg regional unterschiedlich und abhängig vom Zeitpunkt des Blattlausauftretens ist.

Verwerfen von Knollen aus Randbereichen: Nach den Ergebnissen zahlreicher Untersuchungen ist der Randbefall eines Feldes um das 2 bis 25-fache erhöht (Johnson 1952; Neitzel & Müller 1959; Way & Cammel 1973; Kürzinger & Kürzinger 2001), was bei nicht-persistenter Übertragung darauf zurückzuführen ist, dass die Läuse über die Feldränder in den Bestand gelangen und ihre Infektiosität im Laufe der Zeit wieder verlieren (Bernuth 1949; Keller 1954). Demnach stellte Keller (1954) im Versuch in der 1. Reihe einen Virusbefall von 32 % fest, während in der 2. und 3. Reihe nur noch Gehalte von 13 % und 10 % nachgewiesen wurden. Auch Müller (1957) beobachtete in Ackerbohnen verstärkten Randbefall, der in den ersten zwei Reihen gegenüber dem Rest (25 %) eine Infektionsrate von 51,8 % aufwies. Wird der Randbereich eines Feldes verworfen, lässt sich somit der prozentuale Befall im Erntegut deutlich reduzieren (Neitzel & Müller 1959), deshalb eignen sich Flächen mit hohem Randaufwand weniger für die Pflanzguterzeugung.

2.1.2 Direkte Vektorregulation

Maßnahmen, die eine direkte Regulation von Vektoren im ökologischen Landbau effektiv ermöglichen, stehen derzeit nicht zur Verfügung, Schutzspritzungen mit Mitteln wie Natronwasserglas, Pyrethrum, Öl, Neem u.a. (Bradley 1963; Külps & Hein 1972; Zitter 1980; Gabriel 1988; Zellner 1996; Purrmann 1997; Handizi & Legorburu 2002), konnten sich wegen unzureichender Wirkung und hoher Kosten bisher in der Praxis nicht durchsetzen.

2.1.3 Krautminderung

Das Verfahren der Krautminderung dient in der Pflanzguterzeugung hauptsächlich der Verminderung des Anteils virusinfizierter Knollen im Erntegut (Köhler 1965), weil die Virusabwanderung vom Kartoffelkraut in die Knollen unterbunden wird (Sigvald 1992). Krautminderung wird deshalb in Abhängigkeit vom Virus-Befallsdruck betrieben. Krautminderung kann durch die künstliche Unterbrechung des Wachstums mit Vor- oder Nachteilen auf den durch den über die Knollengröße festgelegten Pflanzgutertrag verbunden sein. Zudem kann, unabhängig vom Befallsdruck, mittels Krautminderung der maximale Anteil an vermarktungsfähigem Pflanzgut erreicht, der Erntetermin terminiert und für eine gleichmäßige Ausbildung der Schalenfestigkeit gesorgt werden.

Bereits 1947 fanden die ersten Versuche zur mechanischen Krautminderung statt (Conti & Lovisolo 1983; Bouman 1992). Das zu damaliger Zeit übliche manuelle Krautziehen erlaubte nur geringe Flächenleistungen von 20-25 Stunden pro ha (Bouman 1992). Die weitere Optimierung des Verfahrens fand in den 50er und 80er Jahren statt (Schöber-Butin 2003).

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

Krautminderung ist besonders geeignet für Gebiete, in denen günstige klimatische Voraussetzungen für ein frühes Auspflanzen vorgekeimter Kartoffeln vorliegen und der Befall mit Blattläusen relativ spät einsetzt (Vogt 1959). Bis heute werden Krautminderungsmaßnahmen als wesentlich für die Produktion gesunden Kartoffelpflanzgutes angesehen (Weidemann 1990; Kürzinger 1999b; Scheid 2003) und im Rahmen der Pflanzgutankennung über die amtlichen Tottermine vorgeschrieben. Auch vor dem Hintergrund der in der konventionellen Pflanzguterzeugung üblichen Vektorbekämpfung mit Insektiziden verliert die Krautminderung nicht ihre Bedeutung (Köhler 1965), denn oft ist der Infektionsdruck durch Blattläuse zu hoch, um die Virusübertragung durch Insektizide erfolgreich einschränken zu können (Rieckmann 1978; Scheid 2003). Zudem zeigen Insektizide gegenüber den heutzutage vorherrschenden Übertragungswegen auf nicht persistentem Wege nur geringe Wirkung (Cojocar 1974; Zellner 1996; Heimbach et al. 1998; Zellner 1998).

Die Krautminderung soll so früh wie nötig und so spät wie möglich durchgeführt werden (Hamann 1984; Brazda & Ebert 1986). Es besteht ein Zielkonflikt zwischen Unterbindung von Virusabwanderung und dem optimalen Knollenertrag (Häni & Winiger 1987; Hebeisen 1998). Der Zeitpunkt ist durch den ersten starken Anflug der Blattläuse als späteste und durch die genügende Ausbildung der Knollengröße als früheste Grenze gegeben (Schleusener 1954a; Münster 1958; Neitzel & Pfeffer 1959). Nach Wenzel (1954) empfiehlt sich eine Frührodung etwa 14 Tage nach Einsetzen eines „stärkeren“ Blattlausauftretens bzw. Blattlausfluges. Für die Wahl des richtigen Zeitpunktes der Krautminderung spielen somit Blattlauswarndienste eine wichtige Rolle (Vogt 1959; Arenz 1959).

Mit der Krautentfernung wird zwar jeder weitere Knollenzuwachs unterbunden und somit der Bruttoertrag gemindert, was sich jedoch nicht zwingend in einer Verringerung der Pflanzgutfraktion auswirkt, da es hauptsächlich zu einer verringerten Anzahl großer Knollen führt (Schleusener 1954a; Goerlitz 1955b; Spaar & Kleinhempel 1985). Demnach tritt in der Regel eine höhere oder eine nur geringfügig verminderte Knollenzahl der Pflanzgutfraktion auf, auch wenn die Gewichte der Einzelknollen geringer sind (Arenz 1959; Arenz & Hunnius 1959; Gabriel et al. 1973).

Das Roden nach der Krautminderung wird über die Kraut- und Unkrautfreiheit und eine schnellere Abtrocknung und Erwärmung des Bodens erleichtert, sowie Knollenverluste durch leichtes Ablösen der Knollen von den Stolonen vermindert (Brazda & Ebert 1986; Peters 1993; Scheid 2003). Dabei ist eine erfolgreiche Krautminderung abhängig vom eingesetzten Verfahren, den Standortbedingungen, der Anbau- und Pflege Technik, der Kartoffelsorte, der Witterung, sowie der Wüchsigkeit und Gesundheit des Kartoffelkrautes (Irla & Gaillard 1998).

2.1.3.1 Blütezeiternte und Spätpflanzverfahren

Schon bevor Anfang der 30er Jahre die Theorie, dass der sogenannte Kartoffelabbau auf Viruserkrankungen zurückzuführen ist, wissenschaftlich anerkannt wurde (Weidemann 1986), fanden erste Versuche zur Frühernte von Kartoffeln statt. Im Jahr 1918 wurden von Münster (1922) unreife Kartoffeln als Saatgut geerntet und damit im Nachbau in Abbaulagen höhere Erträge erreicht. In Abbaulagen (Lauchstädt, Sachsen-Anhalt, nahe Halle) konnten nach Münster (1922) und Botjes (1923a) durch dieses Verfahren Mehrerträge von bis zu zwei Dritteln gemessen werden. Ab 1930 widmete man sich in der Forschung verstärkt den Spätpflanz- und Frühernteverfahren (Wartenberg et al. 1935; Schick 1953; Wartenberg 1954). Analog zum Ziel der Krautminderung sollte auch mit diesen Methoden das Zusammentreffen von Wirt und Vektor verhindert werden (Koinzidenzvermeidung), die Phasen hoher Anfälligkeit der Pflanzen in Zeiten geringen Vektoraufkommens verlegt werden.

Beim Spätpflanzverfahren, in den 30er Jahren in der Biologischen Reichsanstalt entwickelt

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

und in der Sowjetunion erfolgreich eingesetzt, wurde vorgekeimt, Ende Juli bis Anfang August gepflanzt und möglichst spät geerntet. In Westeuropa waren die Versuche mit diesem Verfahren jedoch nur wenig erfolgreich und verursachten zum Teil erhebliche Verluste im Winterlager durch den Befall mit *Phytophthora infestans* oder Totalausfälle nach Frühfrösten (Wartenberg et al. 1935; Schleusener & Goerlitz 1952; Wartenberg 1954; Goerlitz 1955b).

Die „Blütezeiternte“ war für mitteleuropäische Verhältnisse praktikabler (Schick 1953; Wartenberg 1954). In starken Abbaugebieten wurde mit der Ernte begonnen, sobald der Bestand in voller Blüte stand. Auch wenn nur ca. 50 % des Ertrages einer „Normalernte“ erzielt werden konnte (400 g pro Staude), bot die Blütezeiternte die Möglichkeit der Pflanzgutproduktion auch in extremen Abbaulagen und Beständen mit einem hohen Anteil infizierter Pflanzen (Wartenberg 1954). Das angewendete Prinzip blieb weiterhin in der modifizierten Form der Frührodung oder Frühernte Gegenstand der Forschung im Kartoffelbau.

2.1.3.2 Virusbefall und Pflanzgutertrag

In der Literatur wird der Einfluss der Krautminderung äußerst widerspruchsvoll beschrieben, was Köhler (1965) auf die mangelnde Vergleichbarkeit in Bezug auf Verfahren, Sorte, Termin, Witterungs- und Bodenfaktoren zurückführt. In vielen älteren Untersuchungen konnten zudem noch keine Virustests durchgeführt werden, sondern die Pflanzen wurden im Nachbau auf Symptome bonitiert, so dass latente Infektionen hier möglicherweise unerkannt blieben und nicht zwischen den einzelnen Erregern unterschieden werden konnte. Dementsprechend gingen die Meinungen zum Nutzen der Krautminderung stark auseinander (Neitzel & Pfeffer 1959). Tab. 1 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse verschiedener Versuchsanstellungen zur Frühernte. Der Virusbefall wurde auch bei geringem Anteil kranker Pflanzen im Bestand in allen Fällen durch die Krautminderung um 3-14 % (in Klammern dargestellt) reduziert. Dabei hängt das Ausmaß des Erfolges von der Abwanderungsgeschwindigkeit der Viren ab, welche sowohl zwischen den Arten als auch zwischen den Stämmen stark differieren können (Bode & Weidemann 1971; Gabriel 1988). Die Altersrestistenz von PVY^N entwickelt sich relativ spät (abhängig von Standort und Alter der Pflanze zwischen Mitte Juli bis Anfang August) in der Wachstumszeit (Braber et al. 1982). PVY^N wird schneller transloziert als PVY^O und die Resistenz gegen PVY^N manifestiert sich zu einem späterem Zeitpunkt als die gegen PVY^O (Beemster 1976). Arenz und Hunnius (1959) beschrieben den Frührodungseffekt bei PVY^O (17 %) viermal höher als bei PVY^N (4 %).

Die Vegetationszeit wurde bei Frührodung auf 79-106 Tage verkürzt, was je nach Kartoffelsorte zu erheblichen Einbußen des Gesamtertrages führte, aber nach Aussagen einiger Autoren den Anteil an Knollen in Saatgutgröße nicht wesentlich beeinträchtigte (Goerlitz 1955b; Jeurink 2004). Nach Heerkloss (1980, 1981) bleibt die Zahl der Knollen von 30 bis 60 mm (Millimeter) etwa ab einem Blattverlust von 50 % konstant und die Erntereife setzt bei einem Blattverlust von etwa 70 % ein. Gabriel (1973) beobachtete nach 3-jährigen Versuchen mit 12 Sorten bei Frührodung am 15.7. eine um 5 % geringere Knollenzahl, während diese am 30.7. nur noch 3 % geringer war.

Viele Autoren erwähnen, dass Frühernte mit Vorkeimung des Pflanzgutes gekoppelt werden sollte, um den frühererodeten Pflanzen einen Wachstumsvorsprung zu verschaffen, auch wenn dies in den Feldversuchen nicht immer berücksichtigt wurde (Schleusener 1954a; Arenz & Hunnius 1959). Vogt (1959) verglich eine nicht vorgekeimte Variante mit Normalernte am 18. September (12 % Virusbefall) mit einer vorgekeimten Frühernte vom 28. Juli (2 % Virusbefall) und stellte fest, dass sich der Ertrag um 21 dt (Dezitonnen) ha (Hektar)⁻¹ unterschied (Tab. 1).

Die durch die Frühernte bewirkte Ertragsminderung unterschied sich, aufgrund von Witterungseinflüssen stark von Jahr zu Jahr und lag zwischen 2 und 32 % (Tab. 1). Je nach Ent-

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

wicklungsstadium des Bestandes zum Zeitpunkt der Krautminderung trat eine mehr oder minder starke Wirkung auf den Ertrag ein.

Tab. 1: Wirkung von Frühernteverfahren unterschiedlicher Autoren auf den Pflanzgutertrag und den Virusbefall

Quelle	Vorkeimen	Ertragsminderung	Virusbefall früh/normal (Differenz in Tagen)	Veg.-Tage früh/normal	Verfahren
		%	%		
Münster 1952	nein	k.A.	6 / 20 (14)	79-93 / 107	Krautziehen
Münster 1952	ja	bis 8	k.A.	82 / 134	Krautziehen
Schleusener & Goerlitz 1952	ja	bis 10	14/19 (5)	k.A.	Krautziehen
Arenz 1959	nein	bis 32	3 / 10 (7)	8. 7.– 1.8. / ?	k.A.
Arenz 1959	ja	bis 30	3 / 9 (7)	30.7 / ?	Krautziehen
Todd 1961	nein	k.A.	9 / 13 (4)	92 / 138	Frührodung
Goerlitz 1955	ja	2-22	3 / 11 (8)	95 / 105	Krautziehen
Arenz & Hunnius 1958	nein	9-22	26 / 36 (11)	92–106 / ?	Krautziehen
Vogt 1959	ja	bis17	2 / 7 (3)	k.A.	Krautziehen

k.A.: keine Angaben

Aufgrund der regional variierenden Möglichkeiten und Erfordernisse für die Pflanzguterzeugung bildeten sich unterschiedliche Vorgehensweisen in der Pflanzguterzeugung heraus. Goerlitz (1955a und b) verglich 1952 und 1953 die „deutsche Methode“ mit der „holländischen Anbaumethode“, die sich durch das Vorkeimen und Krautziehen von Hand von der „deutschen Methode“ unterschied. Der Pflanztermin lag bei der „holländischen Anbaumethode“ etwa 14 Tage früher. Die Bestände brachten jedoch trotz niedrigerer Flächenerträge einen etwas größeren Pflanzgutanteil und besonders bei virusanfälligen Sorten gesünderes Pflanzgut. Vorkeimen, frühes Pflanzen und Krautziehen führten auch bei verspäteter Selektion zu einer geringeren Ausbreitung der Viruserkrankungen bei allen Sorten im Vergleich zur Normalpflanzung mit rechtzeitiger Selektion (Goerlitz 1955b). Goerlitz (1955b) verglich die Erträge und Virussympptome der erwähnten Methoden im Nachbau an zwei Abbaulagen unterschiedlicher Güte: Bernburg (stärkste Abbauage der ehemaligen DDR) und Frankfurt (Oder) als Gesundlage. Im Jahr 1953 bonitierte man in Frankfurt nach holländischer Methode 3 % viruskranke Pflanzen und nach deutscher 10-12 %. Im Nachbau in Gesundlage waren nach 3-jährigem Anbau in Frankfurt nach holländischer Methode lediglich 10-20 % der Pflanzen viruskrank, während es bei der Deutschen 60-80 % waren. In Bernburg blieben nur nach der holländischen Methode bis zu 30 % der Pflanzen gesund, während die Variante „deutsche Methode“ zu 100 % infiziert war.

2.1.3.3 Wiederaustrieb, Keimkraft und Ertrag des Nachbaus

Bei Krautminderung vor Auftreten natürlicher Alterungserscheinungen neigt die Pflanze zu Wiederaustrieb (Arenz 1959; Köhler 1965), welcher zu Virusspätinfektionen führen kann (Rieckmann 1978; Scholz 1982; Peters 1993). Wiederaustreibende Pflanzen reagieren besonders empfindlich auf Infektionen, vergleichbar mit einer jungen Pflanze, und werden bevorzugt von Blattläusen angefliegen (Kennedy et al. 1950; Arenz 1959). Die Altersresistenz nicht gänzlich abgestorbener Kartoffelpflanzen kann dabei völlig aufgehoben werden (Rieckmann & Zahn 1998). Eine Abwanderung der Infektion in die Knolle tritt, aufgrund des jungen physiologischen Zustandes und des verkürzten Transportweges, vergleichsweise schnell ein

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

(Arenz & Hunnius 1959) und auch ohne Neuinfektion ist eine Ableitung in die Knollen nach Wiederaustrieb, durch Vermehrung geringer Viruskonzentrationen in der Pflanze, möglich (Arenz & Hunnius 1964).

Die Keimruhe der Knollen nach Krautminderung war nach Versuchen von Köhler (1965) verkürzt, was er auf einen Stimulationseffekt zu einem beschleunigten Entwicklungsverlauf zurückführte, welcher unter bestimmten Voraussetzungen nach Pfeffer (1959) auch zu einer Ertragssteigerung führte. Im Gegensatz dazu berichten Arenz und Hunnius (1959) generell von einer längeren Keimruhe nach Frühernte, jedoch auch sie konnten von einer besseren Triebigkeit berichten. Angaben von Köhler (1965) und Pfeffer (1959) lassen jedoch auf ein hohes physiologischen Alter schließen, während dieses bei Arenz und Hunnius (1959) nicht zu beurteilen ist.

Bei der Sorte Grata stieg nach Krautziehen und Krautschlagen mit anschließender Kalkstickstoff-Behandlung die Keimzahl an. Nach vorzeitiger Krautvernichtung waren die Keime krautgeminderter Knollen nach 95 Tagen schwerer, jedoch nach 110 Tagen leichter. In allen Fällen traten im Vergleich zu reifen Knollen längere Keime von geringerem Durchmesser auf (Köhler 1965). Viele Autoren berichteten von besserer Triebigkeit des aus Frührodung stammenden Pflanzgutes: unreife Kartoffeln liefen 1-2 Tage früher auf, ihre Stängelzahl war höher, die Jugendentwicklung schneller und der Blühbeginn zeitiger (Schleusener & Goerlitz 1952; Schleusener 1954b; Neitzel & Pfeffer 1959; Arenz & Hunnius 1959; Raidt 1963; Köhler 1965). Vogt (1959), Köhler (1965) und Pfeffer (1959) berichteten nach extrem frühem Krautziehen (ab dem 16.7.) bei mehreren Sorten unterschiedlicher Reifegruppe von zögerndem und sehr ungleichmäßigem Auflauf und Vogt (1959) brachte den geringeren Ertrag in Zusammenhang mit den kleineren Pflanzknollen der frühgeernteten Variante. Im Nachbau von zu unterschiedlichen Terminen krautgezogenen Stauden war bei Blühbeginn die Entwicklung der nicht krautgezogenen Parzellen gleich oder sogar etwas üppiger als die der mittleren Krautziehtermine. Die extrem frühen Termine waren aber bis zum Ende der Vegetation schwächer entwickelt, als die übrigen Parzellen (Vogt 1959).

Über Ertragswirkungen krautgezogener Kartoffeln im Nachbau im Vergleich zu natürlich abgereiften Pflanzen unabhängig vom Virusbefall kann aber kaum berichtet werden, da in den meisten Versuchen Viren störend auftraten (Pfeffer 1959). Eine Ausnahme bilden die Versuche von Köhler (1965). Pflanzkartoffeln, die zum Zeitpunkt des beginnenden Absterbens der unteren Blätter geerntet wurden, zeigten nach Versuchen von Popova (1974, zitiert in Brazda und Ebert 1986) beim nachfolgenden Anbau Mehrerträge von 10-15 % gegenüber natürlicher Abreife. Auch andere Autoren bestätigten die positiven Ertragswirkungen des aus Frührodung stammenden Pflanzgutes (Hutchinson 1916; Münster 1922; Arenz & Hunnius 1958; Raidt 1963; Köhler 1965). In einer Versuchsreihe von Vogt (1959) mit 34 Versuchen brachten die im Vorjahr gezupften Parzellen einen im Mittel 3 % höheren Ertrag, maximal einen bis 15 % höheren Ertrag.

2.1.3.4 Ausbildung der Schalenreife und Knollengesundheit

Nach Andrjusina (1976), zitiert in Brazda und Ebert (1986), fördert die Krautminderung allgemein die Schalenfestigung und senkt die Lagerungsverluste. Die Mechanismen, die zur Schalenfestigkeit führen, sind jedoch bisher wenig erforscht (Muir & Bowen 1994). Je länger sich die Knollen nach der Krautminderung im Boden befinden, desto dicker ist das Periderm (Wilcockson et al. 1980). Die Ausbildung der Schalenfestigkeit nach der Krautminderung braucht in jüngeren Beständen länger als in älteren (Gabriel & Bartoszuk 1974; Brazda & Ebert 1986; Bouman 1989). Nach Wiederaustrieb verläuft die Entwicklung der Schalenfestigkeit ungleichmäßig und erzwingt einen späteren Erntetermin (Peters 1993). Zudem beeinflussen Kartoffelsorte, Krautminderungstermin und Witterungsbedingungen die Dauer der Ausbildung der Schalenreife im Boden (Gall & Truckenbrodt 1974; Muir & Bowen 1994). In

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

Versuchen von Muir und Bowen (1994) war die der „Daumenprobe“ entsprechende Festigkeit von 15-20 N auch 20 Tage nach der Krautminderung noch nicht erreicht. Demgegenüber berichteten Van Hoof (1977) und Brazda und Ebert (1986), dass in der Regel 3 Wochen zur Ausbildung der Schalenfestigkeit ausreichen.

Mit steigender Verweildauer auf dem Feld nimmt der Befall mit Sklerotien von *Rhizoctonia solani* zu. Krautminderung fördert nach Köhler (1965) den Besatz mit Dauersporen (Sklerotien) des Pilzes. Die Besiedelung der Knollenoberfläche mit *Rhizoctonia*-Pocken steigt mit zunehmender Reife und nach Krautminderung aufgrund der verstärkten Peridermbildung der Knollen (Gudmestad et al. 1979). Nach Bouman (1983) und Spencer und Fox (1978) steigt der Besatz in den ersten 14 Tagen am stärksten an und nimmt bis zur Ernte immer mehr zu (Chand & Logan 1984). Wenn mehr als 2 % der Knollenoberfläche mit Sklerotien bedeckt sind, ist nach Brazda und Ebert (1986) mit Ertragssenkungen im Folgejahr zu rechnen. Scholvin und Grocholl (2003) konnten im Mittel von zwei Jahren und zwei Standorten im Vergleich zu unter 1 % mit Sklerotien besetzten Knollen einen signifikant geringeren Relativertrag von 81 % bei 5-8 % Besatz und 78 % bei über 10 % Besatz feststellen. Ein mittlerer Pockenbefall von 5 % ist in der Praxis demnach jedoch eher eine Ausnahme. In der Pflanzgutenerkennung stellt *Rhizoctonia*-Besatz kein Prüfkriterium dar (Karalus 2003).

Nach früher Krautminderung ist mit höheren Masse- und Fäulnisverlusten (*Erwinia* spp.) während der Lagerung zu rechnen. Bei sehr frühem Krautziehen wurden von Vogt (1959) und Bothe (1972) wegen Nassfäule (*Erwinia* spp.) je nach Sorte z.T. beachtliche Verluste im Lager beobachtet (Ackersegen, Krautziehen am 16.7., 18 % Verluste; Anemone, Krautziehen am 30.7., 7,4 % Verluste). Wenn nach Krautschlagen die Knollen länger als drei Wochen im Boden verweilen, erhöhen sich die Fäulnisverluste im Lager (Brazda & Ebert 1986). Auch der Kontaminationsgrad durch *Phoma exigua* var. *foveata* stieg in einigen Versuchen mit der Dauer zwischen Krautminderung und Ernte (Copeland & Logan 1976; Bang 1984; Brazda & Ebert 1986). Auch der Befall mit *Erwinia* erwies sich nach Krautschlagen im Vergleich zur Direktrodung als höher (Köhler 1965). Die Krautminderung war ursprünglich vor allem auf den Schutz der Knollen vor *Phytophthora*-Infektionen gerichtet (Hoyman 1947), diese Wirkung spielt zwar heutzutage im konventionellen Pflanzkartoffelbau keine so große Rolle mehr (Murphy 1968), wird jedoch im ökologischen Kartoffelbau immer noch eingesetzt (Neubauer 1997).

2.1.3.5 Beschaffenheit des Pflanzgutes

Losschalige Partien, wie sie nach der Frühernte auftreten können, sind nicht nur in ihrer Lagerfähigkeit beeinträchtigt, sondern führen in Verbindung mit stärkeren Wasserverlusten auch zu einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Schwarzfleckigkeitsreaktionen (Specht & Peters 1992) und Krankheitserregern, wie *Erwinia* spp. oder *Phytophthora* (Bouman 1989). Die Kartoffeln hatten nach Ergebnissen von Muir und Bowen (1994) im Vergleich zur Kontrolle 20 Tage nach der Krautminderung eine geringere Schalenfestigkeit als ausgereifte Partien. Besonders unter trockenen Bedingungen kann es nach Krautminderung auch zu Knollenschäden in Form von Gefäßbündelringverfärbungen oder Stängelendfäule kommen (Benker 1999). Für alle Verfahren gilt jedoch gleichermaßen, dass mit weiterem Verlauf der Vegetationsperiode die Beschädigungsempfindlichkeit abnimmt (Muir & Bowen 1994).

2.1.3.6 Verfahren der Krautminderung

2.1.3.6.1 Krautschlagen

Krautschlagen stellt heute die praxisübliche Art der Krautminderung im ökologischen Pflanzkartoffelbau dar. In der Regel eignet sich aufrechtstehendes Kraut gut zum Krautschlagen (Peters 1993). Die auf einer Welle rotierenden Schlägel erfassen und zerschlagen die oberirdischen Teile der Kartoffelpflanzen (Brazda & Ebert 1986; Peters 1991). Abhängig vom Ernte-

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

verfahren wird i.d.R. eine Reststängellänge von 20 bis 30 cm angestrebt (Brazda & Ebert 1986), da tiefere Einstellungen der Schlagwerkzeuge den Verschleiß erhöhen und die Gefahr von Knollenbeschädigungen bergen (Irla & Ziltener 1993). Das Herunterfahren des Krauts kann durch Frontanbau des Krautschlägers verhindert werden (Peters 1991; Peters 1993; Kürzinger 1999b). Wenn die physiologische Abreife des Kartoffelkrautes gerade erst eingesetzt hat, besteht jedoch, wie schon erwähnt, nach Krautschlagen die Gefahr des Wiederaustriebes (Peters 1993; Irla 1996). Auch eine ungenügende Erfassung des Krautmaterials bei niederliegendem Kartoffelkraut kann zu Wiederaustrieb führen (Specht & Peters 1992). Voraussetzungen für ein knollenschonendes Krautschlagen sind gleichmäßig geformte Dämme, genaue Anschluss Spuren und eine legespurkonforme Arbeitsweise (Peters 1993).

2.1.3.6.2 Grünroden

Das Grünroden, auch „Dreigeteilte Ernte“ genannt, gliedert sich in die Verfahrensschritte Krautschlagen, Roden, Schwadlegen und Zudecken der noch nicht schalenfesten Kartoffeln und der anschließenden Ernte im betriebsüblichen Verfahren, nachdem die Kartoffeln die Schalenreife erreicht haben (Specht & Peters 1992). Die Methode wurde in den neunziger Jahren entwickelt und im konventionellen Pflanzkartoffelbau erprobt, als die Wiedertzulassung des chemischen Sikkativs Reglone in Frage stand und nach Alternativen zur chemischen Krautminderung gesucht wurde (Turkensteen et al. 1989; Specht & Peters 1992). Im Vergleich zum alleinigen Krautschlagen werden beim Grünroden Kraut und Knolle vollständig und endgültig voneinander getrennt und ein Wiederaustrieb ausgeschlossen (Peters 1993; Bouman & Molema 1993). Mittels Spezialgerät kann Grünroden in einer Überfahrt erledigt werden: Krautschlagen im Frontanbau, sowie Roden, Schwadlegen und Zudecken im Heckanbau des Schleppers. Eine seitliche Krautabfuhr (mittels Austragband) verhindert Infektionen der noch unreifen und nicht schalenfesten Knollen mit Pilzen und Bakterien im Damm (Turkensteen et al. 1989; Peters 1993). Die Knollen lassen sich beim Rodevorgang durch eine kurze Bauweise des Schwadlegers, einem Erdpolster auf der Siebkette und geringen Fallhöhen schützen (Turkensteen et al. 1989; Bouman & Molema 1993). Schützend wirken auch Vorrichtungen an den Siebketten, die das Rollen der Kartoffeln verhindern (Turkensteen et al. 1989). Je besser die Voraussetzungen für die Rodung in Bezug auf Temperatur und Bodenfeuchte sind, desto geringer ist die Verletzungsgefahr des Erntegutes. Nach dem Zudecken mit einem Hohl scheibenhäufelgerät sind die Knollen vom Restkraut i.d.R. vollständig getrennt (Specht & Peters 1992) und die Knollen mit einer Erdschicht von mindestens 5-10 cm bedeckt (Bouman 1992; Bouman & Molema 1993). Die Zeit bis zur Ausbildung der Schalenreife ist abhängig von Bestandsentwicklung und Sorte und dauert in der Regel 10-17 Tage (Bouman 1992). Verstärktes Auflaufen von Unkräutern nach drei bis vier Wochen, als Folge der Rodung, kann die Dauer der Zwischenlagerung auf dem Feld limitieren (Specht & Peters 1992; Bouman & Molema 1993).

In einigen Versuchen wirkte sich Grünroden positiv auf die Knollengesundheit aus. Peters (1993) und Gall und Hofhansel (1992) berichteten von einem Zurückdrängen von *Rhizoctonia solani* durch Grünroden. Struik (1992) sowie Lootsma und Scholte (1996) beobachteten zusätzlich eine Verminderung des Infektionspotentials im Folgejahr, was Bouman und Molema (1993) auf die Auflockerung der Bodenstruktur, die gute Belüftung der Knollen und die Verminderung der Kontakte zwischen Erde und Pflanzenteilen zurückführten. Bouman (1992) sowie Bouman und Molema (1993) berichteten zudem, dass Grünroden nach Krautziehen sich im Vergleich zu Grünroden nach Krautschlagen in geringeren Indexwerten für das Auftreten von *Rhizoctonia solani* äußerte. 10 Tage nach dem Krautschlagen stellte Bouman (1990) einen Index von 76 fest, während Krautziehen und Grünroden jedoch nur Werte von 22 und 25 erreichten. Die Varianten des Krautschlagens mit und ohne seitlicher Krautabfuhr unterschieden sich nach Bouman (1992) jedoch kaum. Die gleichzeitige Applikation des Antagonisten *Verticillium biguttatum* auf der Fallstrecke von der Siebkette auf den Boden konnte nach

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

Bouman (1992) den Befallsindex mit *Rhizoctonia solani* um mehr als die Hälfte reduzieren. Ein Abtrocknen der geschwadeten Knollen vor dem Zudecken kann sich zudem positiv auf den Gesundheitszustand auswirken. In Versuchen von Bouman (1998) war der Pockenbesatz mit *Rhizoctonia solani* nach Sammelroden 2,5 mal so hoch wie nach dem Vorratsroden. Auch auf die Ausbreitung von unterschiedlichen Fäulnisernregern wirkte sich Grünroden i.d.R. positiv aus. Die Ausnahme bildeten die Ergebnisse von Bouman (1992) ohne seitliche Krautabfuhr, wo sich im Vergleich zum Krautschlagen die mittlere Anzahl an braunfaulen Knollen vor der Ernte von 1,05 % auf 3,60 % erhöhte. In Versuchen von Irla und Gaillard (1998) wiesen die Knollenproben aus den grüngerodeten Varianten nach der Lagerung praktisch keinen Fäulnisbefall auf. *Phoma*-Trockenfäule (*P. exigua* var. *foveata*) wurde dagegen durch Grünroden (nach Krautschlagen mit seitlicher Krautabfuhr) im Vergleich zur chemischen Krautminderung um im Mittel 77 % reduziert und nochmals durch Anwendung des Antagonisten *Trichoderma harzianum* verringert (Turkensteen et al. 1989; Bouman 1992).

Knollenbeschädigung und Losschaligkeit nahm bei späteren Grünrodeteterminen ab (Specht & Peters 1992; Irla & Gaillard 1998). Dem entgegen wirkten günstige Witterungsbedingungen, die Beachtung der Knollentemperatur (Peters 1993), eine möglichst schonende Rodetechnik und optimale Einstellung des Roders/Schwadlegers (Specht & Peters 1992). Auch durch das Abtrocknen nach dem Rodevorgang konnte ein positiver Einfluss auf die Knollen nachgewiesen werden. Gall und Hofhansel (1992) konnten im Mittel unterschiedlicher Sorten auf 3 Standorten eine Abnahme des Beschädigungswertes nach 5- bzw. 30-stündiger Schwadliegezeit von 52 % auf 43 % beobachten (Gall & Hofhansel 1992). Ein stärkerer Unkrautbesatz auf den Grünrodedämmen verzögert das Abtrocknen des Bodens und kann bei der Aufnahme durch den Roder eine intensivere und damit weniger knollenschonende Absiebung erforderlich machen (Specht & Peters 1992).

2.1.3.6.3 Abflammen / Thermische Krautminderung

Bei der thermischen Krautminderung werden die Pflanzenzellen durch Wärmeeinwirkung bis zu 900°C (Irla 1996) mittels Infrarotstrahlen oder offener Flamme zerstört (Peters 1993). Das Eiweiß koaguliert und ein Absterben sowie Austrocknen des Restkrautes wird eingeleitet (Specht & Peters 1992; Peters 1993; Irla 1996). Nachlaufende Dammwalzen (Peters 1991) und geringe Fahrgeschwindigkeiten erreichen (Specht & Peters 1992) eine intensivere Wärmeeinwirkung.

Den besten Wirkungsgrad des Abflammens erreicht man nach Krautschlagen auf eine Reststängellänge von ca. 15-25 cm und einem separaten Brennraum, der an den Damm angepasst ist (Specht & Peters 1992; Peters 1993). Je kürzer die Reststängel, desto weniger Energie wird benötigt und desto eher erreicht die Wärmewirkung die Stängelbasis (Peters 1993). Ohne vorheriges Krautschlagen muss die Anwendung jedoch meist wiederholt werden (Bouman 1992).

Auch nach dem Abflammen neigen einige Sorten verstärkt zum Wiederaustrieb (Peters 1993). Zudem steigt der Befall mit *Rhizoctonia solani* besonders stark an (Bouman 1989; Bouman 1992). Sowohl beim Krautrupfen, Grünroden und Wurzelschneiden war der Befall nach Versuchen von Bouman (1996) geringer. Nach Murphy (1968) ist im Vergleich zum Krautschlagen und Krautziehen auch die Neigung zu Gefäßbündelverbräunungen größer. Larsson (1993) konnte durch die Wärmebehandlung beim Abflammen einen abtötenden Effekt auf äußerlich liegende Krautfäulesporen nachweisen, was die Braunfäulegefahr wesentlich reduzierte.

Als schwerwiegend zu beurteilen sind allerdings die starken Rauch- und Geruchsemissionen des Verfahrens, die Luftverschmutzung durch den hohen Kohlendioxid-Ausstoß und die Schädigung der bodennahen Nützlingsfauna. Außerdem besteht eine zusätzliche Brandgefahr durch Entzünden trockener Pflanzenreste (Irla 1996). Bei der Einschätzung des Verfahrens im Hinblick auf die Ökobilanz wird der 8 mal höhere CO₂-Ausstoß im Vergleich zu chemischer

oder mechanischer Krautminderung negativ bewertet (Bouman 1996). Zudem geht der Kraut-Stickstoff beim Abbrennen an die Atmosphäre verloren (Murphy 1968).

2.1.3.6.4 Krautziehen / Krautrupfen

Charakteristisch für das Krautziehen ist eine sofortige Trennung von Stängel und Knollen. Hierdurch wird eine rasche und vollständige Unterbrechung des Stoffwechsels erreicht, die eine völlige Unterbindung der Virusabwanderung bewirkt (Brazda & Ebert 1986). Krautziehen kann damit unmittelbar zum amtlichen Tottermin erfolgen (Peters 1993). Bleiben jedoch Reststängel auf dem Damm, kann es zu Wiederaustrieb kommen. In Versuchen von Irla (1996) trat unter den Bedingungen der beginnenden physiologischen Reife ein Wiederaustrieb von 1-2 % auf. Voraussetzung für das Krautziehen sind ein gleichmäßiger Dammaufbau, ausreichende Erdbedeckung der Knollennester (mind. 5 cm), eine Reststängellänge von mind. 15 cm (nach Irla und Gaillard (1998) besser 30-35cm) und Stängel, die aufrecht in der Dammmitte stehen (Peters 1993). Vor dem Rupfvorgang muss das Kraut geschlagen werden. Damit das Kraut vollständig erfasst wird und nicht in den Fahrspuren heruntergefahren wird, sollte dies möglichst im Frontanbau stattfinden (Specht & Peters 1992). Die Reststängel werden von zwei gegenläufig rotierenden, luftgefüllten Gummiballonen oder umlaufenden Gummiriemen erfasst und senkrecht aus dem Damm gezogen (Specht & Peters 1992; Peters 1993). Nachlaufende Dammwalzen dienen der Rückverfestigung (Peters 1993).

Nach dem Krautziehen ist die Entwicklung von *Rhizoctonia solani* deutlich verringert (Mulder & Bouman 1984; Bouman 1989), was auch für das Grünroden gilt (Dijst 1990; Bouman 1990). Krautziehen verminderte den Befall ganz erheblich und durch den Einsatz des Antagonisten *Verticillium biguttatum* konnte der Index mehr als halbiert werden (Bouman 1992). Nach Vogt (1959) und Bouman (1992) konnte durch Krautziehen in bestimmten Jahren auch der Befall der Knollen mit Braunfäule vermindert werden. Nach Untersuchungen von Wenzl (1954) traten beim Krautziehen (von Hand) jedoch mehr *Phytophthora*-kranke Knollen als bei der Soforterte auf. Im Vergleich zum Grünroden (nach Krautschlagen ohne seitliche Abfuhr des Krautes) konnte aber beim Krautziehen (z.T. von Hand) eine deutliche Abnahme des Befalls mit Braunfäule festgestellt werden (Bouman 1992).

Nach Irla (1996) treten leicht erhöhte Anteile grüner Knollen im Vergleich zu anderen Verfahren (Krautschlagen, Abflammen) auf; beim Pflanzen ist deshalb auf ausreichende Tiefenablage und Erdbedeckung zu achten. Bodenart und Zustand sind entscheidend für die spätere Knollenbeschaffenheit, wobei schwere Böden die Knollen besser im Damm festhalten als leichte Sandböden (Scholz 1982). Der Befall mit *Erwinia* im Winterlager nimmt mit späterer Krautvernichtung ab. Beim Krautziehen liegen die Werte für den Befall mit *Erwinia* im Mittel noch höher als für Krautschlagen, obwohl krautgezogene Knollen nach der Ernte den geringsten Befall zeigten (Köhler 1965).

2.1.3.6.5 Unterschneiden / Wurzelschneiden

Beim Unterschneiden oder Wurzelschneiden unterfahren breite Messer den Damm und durchtrennen die Wurzeln der Kartoffelpflanzen (Wulf 1998). Feine Wurzeln im Knollennestbereich werden abgerissen (Anonymus 1999) und nachlaufende Dammtrommeln gewährleisten die Rückverfestigung des Dammes (Wulf 1998). Durch die Unterbrechung der Wasserversorgung werden Stress-Bedingungen induziert, die die Seneszenz des Krautes beschleunigen (Brazda & Ebert 1986), der Damm wird gelockert, trocknet schneller ab und wird besser durchlüftet (Anonymus 1999). Auch bei diesem Verfahren ist ein vorhergehender Einsatz des Krautschlägers notwendig (Wulf 1998). Beim Unterschneiden vermindern die trockenen Bedingungen im Damm den Befall mit *Rhizoctonia* (Anonymus 1999, Bouman 1990), während Wurzelschneiden ohne vorheriges Krautschlagen die Produktion von Sklerotien stimuliert (Dijst 1985).

2.1.4 Virusbefallsprognose

Für den Einsatz von Krautminderungsmaßnahmen spielt die Einschätzung des Befallsdruckes eine entscheidende Rolle. Abb. 1 zeigt eine Auswahl wichtiger Faktoren auf den Virusbefall und deren Beziehungen zueinander.

Nicht nur das Vektor-Flugaufkommen und die potentielle Übertragungs-Effizienz der einzelnen Blattlausarten spielen bei der Beurteilung des realen Befallsdruckes eine Rolle, sondern

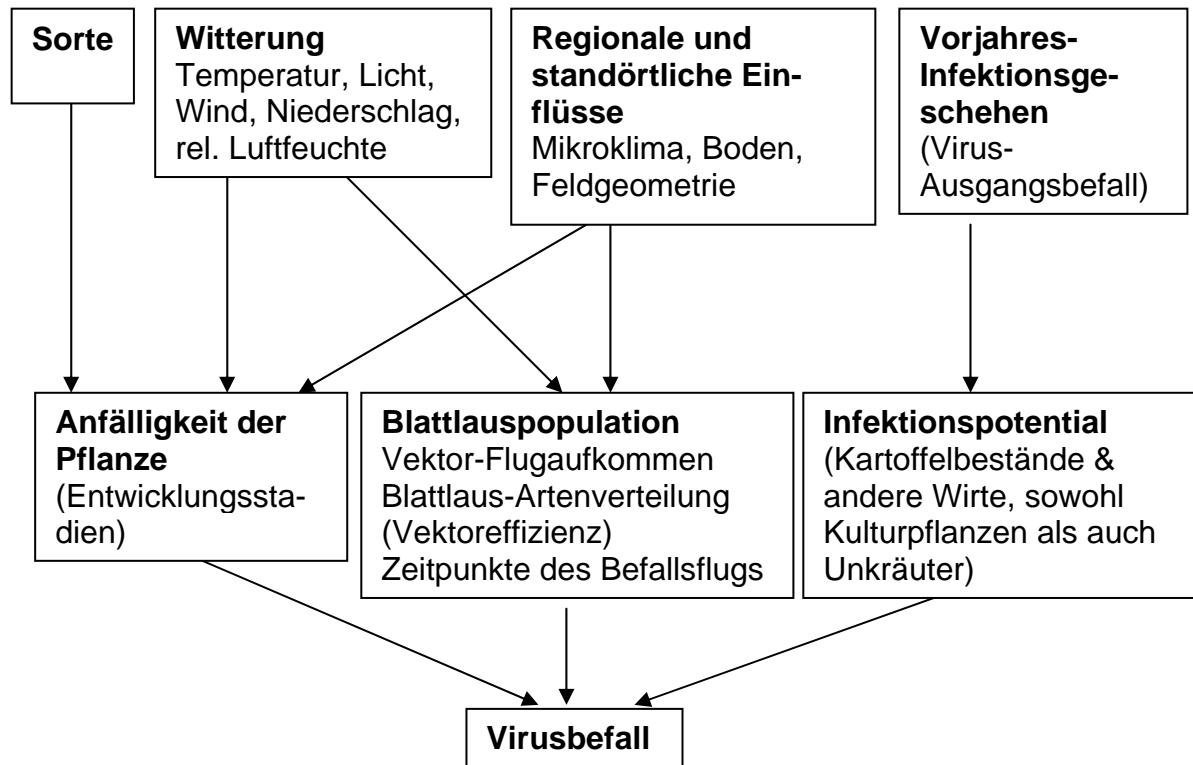


Abb. 1: Zusammenspiel einiger wichtiger Faktoren, die den Virusbefall in der Pflanzguterzeugung beeinflussen (eigene Darstellung).

auch deren Möglichkeiten der Aquisition (Infektionsquellen). Dazu dienen z.B. virusbefallene Pflanzen im Bestand, der Umgebung oder Wirts-Unkräuter (Kürzinger et al. 2004b), denn nur „virusbeladene“ Blattläuse erhöhen den realen Befallsdruck (Nemecek et al. 1995b). Nach zweijährigen Ergebnissen von Thieme (1998) übertrugen von den mehr als 7900 gefangenen Läusen weniger als 1 % PVY auf eine gesunde Kartoffelpflanze, 79 % davon waren nicht Kartoffel besiedelnde Arten. Auch das Vorjahres-Infektionsgeschehen nimmt über den Ausgangsbefall im Pflanzgut von Beikräutern und Durchwuchs Einfluss auf den Anteil von Neuinfektionen im Bestand. Zudem spielt der Zeitpunkt des Haupt-Vektorfluges in Zusammenhang mit der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Anfälligkeit der Pflanzen eine entscheidende Rolle für die Infektionswahrscheinlichkeit und Häufigkeit (Robert & Rouze-Jouan 1976), da diese die Ableitungsgeschwindigkeiten von Viruspartikeln in die Knolle und damit den Virusbefall des späteren Erntegutes bestimmen. Grundsätzlich reagieren auch die Sorten und Reifegruppen unterschiedlich anfällig (Singh et al. 1984; Beemster 1987).

Die Witterung bestimmt im Wesentlichen die Überwinterungsbedingungen, die Populationsentwicklung (z.B. Temperatur, rel. Luftfeuchte) und den Zeitpunkt der Flugphasen (z.B. Wind, Niederschlag) der Blattläuse (Fisken 1959; A'Brook 1983). Regionale und standörtliche Einflüsse bestimmen die Besiedelungsstärke und Wirtswahl der Vektoren. Zum Beispiel fördern windgeschützte Lagen die Ansiedlung von Blattläusen und der Anteil des Randberei-

Maßnahmen zur Erzeugung gesunden Pflanzgutes

ches, welcher i.d.R. über den Einflug von Außen stärker mit Vektoren besetzt ist, und somit dem Eintrag von Infektionen nach einer Flugphase stärker ausgesetzt ist, wirkt sich relativ auf den Befall der Gesamtfläche aus (Keller 1954; Neitzel & Müller 1959).

Für die Möglichkeit, erhobene Daten mittels eines Modells zu verarbeiten, gibt es schon einige Ansätze in der Literatur (Hebeisen & Nemecek 2001; Sigvald & Hulle 2004). In der Regel tritt hier jedoch ein Zielkonflikt zwischen Komplexität und Anzahl der Eingangsvariablen und der Qualität der Vorhersage bzw. dessen Praxistauglichkeit auf. Bisher hat sich kein System überregional durchgesetzt.

Schon Sigvald (1987) stellte fest, dass die Güte der Korrelation zwischen Blattlausvorkommen und Virusbefall umso höher ist, je genauer die Interaktion zwischen Umwelt, Wirt und Vektor erfasst werden kann. So konnte er nachweisen, dass eine enge Korrelation ($r^2 = 0,77$) zwischen PVY^O und dem Blattlausaufkommen in Gelbschalen in Schweden auftrat, wenn die Anzahl der Infektorpflanzen und die Altersresistenz in die Berechnung miteinbezogen wurden.

In der Vergangenheit ist immer wieder versucht worden, einfache und praktikable Lösungen für die Vorhersage der Populationsentwicklung der Vektoren und den Befallsdruck zu entwickeln (Way & Cammel 1973; Harrington et al. 1991; Howling et al. 1993; Sigvald & Hulle 2004). Die einzelnen Faktoren werden von jedem Autor dabei teils aus fachlichen, teils aus praktikablen Gründen unterschiedlich gewichtet und eingebunden.

Die richtige Auswahl und Bewertung der Einflußfaktoren ist jedoch sehr kompliziert (Weidemann 1993). Da der Infektionszeitpunkt bei vielen Versuchsanstellungen zum Virusbefall von Kartoffelpflanzen unbekannt bleibt, lassen sich die entscheidenden Einflussfaktoren für den Anteil kranker Pflanzen in vielen Fällen nicht eindeutig bestimmen.

Zudem fehlen praktikable Methoden die das Blattlaus-Flugaufkommen im Bestand einfach, schnell und genau abbilden können. Bei den aktuell verwendeten Fangmethoden besteht zudem das Problem der Vergleichbarkeit. Die zur Zeit im Bestand verwendeten Gelbschalen erfassen sehr viel mehr gelb-sensitive Arten, so dass dieser Fallentyp nicht quantitativ auswertbar ist. Saugfallen sind zwar nicht vom Fehler, der durch die Attraktivität auf bestimmte Arten verursacht wird, beeinflusst, erfassen jedoch eher Individuen, die sich im Distanzflug und nicht unmittelbar in Befallsstimmung befinden.

3 Arbeitshypothesen

Zielsetzung der Arbeit war die Beurteilung der Einsatzmöglichkeit des Grünrodens unter ökologischen Anbaubedingungen im Vergleich mit dem praxisüblichen Verfahren des Krautschlagens. Unter Berücksichtigung der Häufigkeit von Wiederaustrieb nach Krautschlagen sollte die Praktikabilität des Grünrode-Verfahrens zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Bodenverhältnissen und differenziertem Befallsdruck in Bezug auf das Vorkommen virusübertragender Blattläuse geprüft werden.

In die Untersuchungen sollten sowohl ertragliche Wirkungen des Verfahrens, die Auswirkungen auf Lagerfähigkeit, Knollenbeschaffenheit, Gesundheit und Keimfähigkeit der Knollen, als auch dessen Einfluss auf das Stickstoffaustragspotential über die Winterperiode eingehen und quantifiziert werden.

Die Auswahl der Methoden und Messparameter stützte sich auf folgende Arbeitshypothesen:

- Grünroden reduziert den Anteil virusinfizierter Pflanzen im Vergleich zum praxisüblichen Verfahren des Krautschlagens.
- Ein Wiederaustrieb kann nach Grünroden ausgeschlossen werden.
- Vorkeimen des Pflanzgutes kann den auftretenden Ertragsminderungen entgegenwirken.
- Beschädigungen an den Knollen, wegen der noch nicht ausgebildeten Schalenfestigkeit zum Zeitpunkt des Grünrodens, können die innere Knollenbeschaffenheit und die Lager- und Keimfähigkeit des Pflanzgutes beeinträchtigen.
- Die zusätzliche Bodenbewegung beim Grünroden und deren Einfluss auf das Bodengefüge können den Rhizoctonia- und Schorfbefall des Pflanzgutes beeinflussen.
- Zudem können höhere N_{\min} -Gehalte (Summe von Nitrat- und Ammoniumstickstoff) im Boden durch verstärkte Mineralisierung nach Grünroden auftreten.

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsfaktoren und Versuchsanlage

Die Versuchsanlage betrug mindestens 2 ha Vermehrungsfläche und entsprach dem Schema einer Spaltanlage mit einer Wiederhohlung. Die Großparzelle bildete der Faktor Pflanzgutvorbereitung und die Kleinparzellen der Faktor Behandlung in Form der Verfahren zur Krautminderung. Die Bruttoparzellen umfassten somit eine Fläche von mindestens 2500 m². Bonituren, sowie Pflanzen- und Bodenentnahmen fanden in einem Kernbereich von 100 m² statt, welcher ca 400 Pflanzen umfasste. Ein detaillierter Versuchsplan befindet sich im Anhang (Abb. 48, S. 138).

4.1.1 Versuchsfaktoren

Tab. 2: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Nr.	Faktor	Faktorstufen
1	Behandlung	1.1. Natürliche Abreife (Kontrolle) (K) 1.2. Krautschlagen (KS) 1.3. Grünroden (früher Termin) (GR1) 1.4. Grünroden (später Termin) (GR2)
2	Pflanzgutvorbereitung	2.1. Nicht vorgekeimt (nvk) 2.2. Vorgekeimt (vk)
3	Region	3.1 Schleswig Holstein – Marsch-Westküste 3.2 Schleswig Holstein – Marsch-Westküste 3.3 Schleswig Holstein – Marsch-Westküste 3.4 Schleswig Holstein – östliches Hügelland 3.5 Niedersachsen – Raum Munster 3.6 Niedersachsen – Raum Soltau 3.7 Niedersachsen – Raum Celle 3.8 Niedersachsen – Raum Uelzen
4	Jahr	4.1. 1999 4.2. 2000 4.3. 2001

Die Versuche wurden in den Jahren 1999-2001 durchgeführt (Faktor Jahr). Die Versuchsflächen lagen in Bezug auf die Lebensbedingungen für virusübertragende Blattläuse in zwei unterschiedlichen Naturräumen (Schleswig-Holstein und Niedersachsen, Faktor Region). Vergleichend kamen neben einer natürlichen Abreife (Kontrolle) die Verfahren Krautschlagen und Grünroden zu zwei unterschiedlichen Terminen zum Einsatz (Faktor Behand-

lung). Das Pflanzgut wurde in Bezug auf die z.T. durch Krautminderung verkürzte Vegetationszeit zur Hälfte vorgekeimt (Faktor Pflanzgutvorbereitung) (Tab. 2).

4.1.1.1 Krautminderung

Im Versuch wurden vergleichend unterschiedliche Verfahren der Krautminderung betrachtet. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf den Gesundheitswert und die Erträge gerichtet. Wichtigster Punkt für die Auswahl der Verfahren war die Minimierung viruskranker Knollen im Erntegut. Das Krautschlagen wurde auf allen Standorten mit einem 2-reihigen Gerät und seitlicher Krautabfuhr durchgeführt, welches auch beim Grünroden Verwendung fand. Im Hinblick auf die Definition von Schadschwellen für Blattläuse wurden zur Erfassung unterschiedlicher standörtlicher Gegebenheiten feste Termine zum Krautschlagen und Grünroden gewählt. Mit frühem Grünroden wurde Mitte Juli begonnen und zum selben Termin Kraut geschlagen. Das späte Grünroden folgte ca. 10 Tage später, Ende Juli. Termine der Maßnahmen, Vegetationstage und EC-Stadien (EC: Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von Pflanzen) finden sich im Anhang unter 9.3.3 (S. 139)).

Das Grünroden besteht aus den Verfahrensschritten Krautschlagen, zweireihiges Roden mit Ablage in ein Schwad, sowie anschließendem Zudecken der Kartoffelschwade mit Erde. Mit einem Krautschläger im Frontanbau und dem Spezialgerät der Fa. Samka („Samka GCL“) (Abb. 2) kann das gesamte Verfahren in einem Arbeitsschritt erledigt werden.



Abb. 2: Samka GCL, zum kombinierten Roden und Zudecken

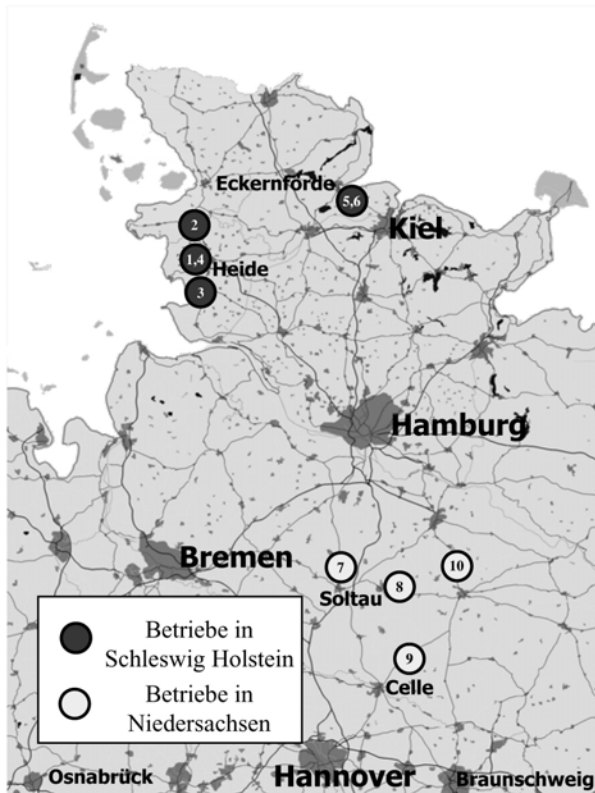


Abb. 3: Räumliche Verteilung der Versuchstandorte in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

Im Vergleich zu den Krautminderungsmaßnahmen konnten die Pflanzen in der Variante Kontrolle natürlich abreifen und dienten als Vergleich zur Wirkung von Krautschlagen und Grünroden.

4.1.1.2 Pflanzgutvorbereitung

Das Vorkeimen fand auf den Betrieben (je nach Ausstattung in Vorkeimkisten oder -säcken) statt. Das Ergebnis des Vorkeimens fiel aufgrund der betrieblichen Möglichkeiten unterschiedlich aus. Tab. 55 (Anhang, S. 145) zeigt die Beurteilung der Güte der Pflanzgutvorbereitung. 56 % der Partien wurden als „vorgekeimt“ eingestuft, der Rest als „keimgestimmt“ (zum Pflanztermin gut stecknadelkopfgroße Keimspitzen (2-3 mm)).

4.1.1.3 Versuchsstandorte / Regionen

Im Versuch wurden zwei Regionen in ihrer Eignung zur ökologischen Pflanzkartoffelvermehrung verglichen. Neben den Küstenlagen Schleswig-Holsteins wurden traditionelle Kartoffelanbaulagen in Niedersachsen ausgewählt (Abb. 3).

4.1.1.3.1 Region Schleswig-Holstein

Die Betriebe in Schleswig-Holstein befanden sich in Küstennähe, wobei vier Betriebe an der Westküste im Umkreis von Heide beheimatet waren und zwei an der Ostküste bei Eckernförde lagen. In Niedersachsen fanden sich zwei Standorte bei Soltau, einer im Umkreis von Uelzen und ein vierter bei Celle. In den Küstenlagen Schleswig-Holsteins (Abb. 3) treten mittlere bis schwere Böden mit 48-75 Bodenpunkten auf. Schleswig-Holstein steht mit ca. 1400 ha Pflanzgutvermehrung (0,25 % der Ackerfläche) an vierter Stelle im bundesdeutschen Vergleich, mit überwiegend Vorstufen und Basispflanzgut (Schuhmann 1997; Anonymus 2002; Betz 2002; Erbe & Neubauer 2003). Aufgrund der für Blattläuse ungünstigen, klimatischen Bedingungen können diese Standorte als relative Gesundlagen angesprochen werden. Tab. 3 beschreibt die Bodenkennwerte, Vorfrüchte und die organische Düngung auf den Versuchsfeldern. Aufgrund der glazial geprägten Landschaftsformation finden sich im westlichen Küstengebiet fruchtbare Marschen (62-75 Bodenpunkte), während an der Ostküste (Endmoräne, östliches Hügelland, 48-53 Bodenpunkte) steinige Parabraunerden vorliegen. Den in erheblichem Maße auftretenden Flintsteinen, die bei der Ernte die Knollen verletzen können, wird im Frühjahr mit Bodenseparierung vorgebeugt.

Betrieb 6, ab dem Jahr 2000 in den Versuch integriert, stellt eine Teilfläche von Betrieb 5 dar. Aus bearbeitungstechnischen Gründen wird diese Fläche als eigener Betrieb geführt.

Tab. 3: Bodenkennwerte, Vorfrucht und organische Düngung der Versuchsfelder in Schleswig Holstein

Be- trieb	Jahr	Boden- art	Bodentyp	Boden- punkte	pH	Vorfrucht	Vorvorfrucht	org. Düngung
1	1999	uS	Marsch	72	6,29	Kohl	Kleegras	
	2000	uS	Marsch	70	7,11	Kohl	Kleegras	
	2001	uS	Marsch	62	7,15	Kohl	Kleegras	
2	1999	uS	Marsch	70-75	7,27	S. Gerste	S. Gerste	
	2000	uS	Marsch	70-75	7,43	Kohl	S. Gerste	
3	1999	uS	Kleimarsch	ca. 70	7,06	Kohl	Kleegras (Umstellung)	
	2000	suL	Kleimarsch	ca. 70	7,48	Möhren	Kleegras	
	2001	suL	Kleimarsch	ca. 70	6,95	Kohl	Kleegras	
4	2001	uS	Marsch	70	6,10	Kohl	Kleegras	Mist, Gärreste
5	1999	sL	Parabraunerde	53	6,62	W. Weizen	W. Raps	
	2000	sL	Parabraunerde	48-50	6,39	Zuckerrüben	W. Weizen	
	2001	SI	Parabraunerde	49	6,3	Zuckerrüben	Hafer	
6	2000	sL	Parabraunerde	48-50	6,39	Zuckerrüben	W. Weizen	
	2001	SI	Parabraunerde	49	6,3	Zuckerrüben	Hafer	

pH: negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration

4.1.1.3.2 Region Niedersachsen

Niedersachsen ist mit 6700 ha (0,38 % der Ackerfläche) traditionell das größte Pflanzgutvermehrungsgebiet Deutschlands (Hesse 1975; Schuhmann 1997; Anonymus 2002; Betz 2002; Erbe & Neubauer 2003). Humose Sande bieten hier dem Kartoffelbau günstige Anbau- und Erntebedingungen (Hambloch 1995). Tab. 4 beschreibt die Bodenkennwerte, Vorfrüchte und die organische Düngung auf den Versuchsfeldern in Niedersachsen. Auf den dort vorherrschenden Heidepodsolon (Ausnahme: Betrieb 10, Parabraunerde) finden sich Bodenpunkte von 16 bis 32. Mit Ausnahme von Betrieb 10 standen die Kartoffeln nach Leguminosen, in den meisten Fällen nach einjährigem Kleegras oder Kleegras-Gemenge.

Versuchsfaktoren und Versuchsanlage

Tab. 4: Bodenkennwerte, Vorfrucht und organische Düngung der Versuchsflächen in Niedersachsen

Betrieb	Jahr	Bodenart	Bodentyp	Bodenpunkte	pH	Vorfrucht	Vorvorfrucht	org. Düngung
7	1999	hS	Heidepodsol	18-25	5,02	Landsb. Gemenge	Triticale	
	2000	hS	Heidepodsol	20-32	5,55	Kleegras	Landsb. Gemenge	
	2001	hS	Heidepodsol	25	5,95	Landsb. Gemenge	Triticale	Mist 250 dt ha ⁻¹
8	1999	hS	Heidepodsol	16-24	5,24	W. Roggen mit Untersaat	Kleegras	
	2000	hS	Heidepodsol	20-24	5,51	Kleegras	S. Gerste	
	2001		Heidepodsol	20-24	5,85	Kleegras	S. Gerste	
9	1999	hS	Heidepodsol	25-30	5,46	Erbsen	Möhren	
	2000	hS	Heidepodsol	25-32	4,90	Kleegras	S. Gerste	
10	1999	sL	Parabraunerde	70	5,73	W.- Weizen	k. A.	

4.1.2 Versuchsdurchführung

Die Feldversuche wurden in Zusammenarbeit mit 10 ökologisch wirtschaftenden Betrieben durchgeführt mit möglichst langjähriger Erfahrung in der Pflanzguterzeugung. Ziel des Projektes war die Praxiseinführung des Grünrodeverfahrens, weshalb die Krautminderung selbst durchgeführt wurde. Unterstützt und beraten wurden die Betriebe durch die KTBL-Versuchsstation Dethlingen.

4.1.2.1 Bewirtschaftung und Probenahme

Die Versuchsflächen wurden auf betriebsübliche Weise bewirtschaftet. Angaben zur versuchsspezifischen Bewirtschaftung (Vorkeimen, Pflanzen, Krautminderung, Pflegemaßnahmen, Beregnung) (9.3.3 (S. 139) und 9.3.4 (S. 142)) finden sich im Anhang.

Tab. 5: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 1999

	7.4.	23./28.4.	10./11.5.	17./18.5.	25./27.5.	31.5.	7./8.6.	14.6.	21./22.6.	28.6.	5./6.7.	12.7.	19./20.7.	26./27.7.	2./4.8.	9./10.8.	16.8.	23./24.8.	6./7.9.	27./28.9.	5.-8.10.	25./26.10.	22./23.11.	20./21.12.	10./11.4.
EC-Stadium				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Blattlausflug			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Krankheiten im Bestand										X			X												
Wieder-Austrieb													X		X		X								
N _{min}																X		X	X	X	X	X	X	X	X

Tab. 5 bis Tab. 7 zeigen die Termine der Feldbeprobungen in den Jahren 1999 und 2001. Zu den erhobenen Parametern gehörten Blattlausflug, Kraut- und Knollenmasse, Krankheiten, Wiederaustrieb und Boden-N_{min}-Gehalt.

Witterung

Tab. 6: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 2000

	10./11.4.	2./3.5.	8./9.5.	15./16.5.	22./23.5.	29./30.5.	5./6.6.	13./16.6.	19./20.6.	27./30.6.	4./10.7.	11./14.7.	18./19.7.	24./25.7.	31.7./1.8.	7./8.8.	14./15.8.	21./22.8.	18./19.9.	16./17.10.	13./14.11.	11./12.12.	9./10.4.
EC-Stadium				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Blattlausflug			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Krankheiten im Bestand										X		X		X		X							
Wieder-Austrieb																X	X						
N _{min}																X		X	X	X	X	X	X

Tab. 7: Termine der Feldbeprobung und erhobene Parameter im Jahre 2001

	9./11.4.	2./3.5.	9./11.5.	16./18.5.	23.5.	30./31.5.	7.6.	13./15.6.	21.6.	27./29.6.	5.7.	11./13.7.	19.7.	25./27.7.	1./2.8.	8./10.8.	15./16.8.	22./24.8.	17./18.9.	17./19.10.	8./9.11.	13./17.12.
EC-Stadium					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Blattlausflug			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Krankheiten im Bestand										X		X		X								
Wieder-Austrieb																		X				
N _{min}														X		X		X	X	X	X	X

4.2 Sorten

In den Versuch wurden die Sorten einbezogen, die auf den einzelnen Betrieben zur Vermehrung anstanden. Es wurden überwiegend mittelfrühe Sorten angebaut, die Verwendung gleicher Sorten auf allen Betrieben konnte nicht realisiert werden. Häufig vermehrt wurden die Sorten Leyla, Linda und Nicola.

4.3 Witterung

Abb. 42 (S. 130) bis Abb. 47 (S. 135) im Anhang zeigen vergleichend die mittleren Temperaturen, Niederschläge und Windgeschwindigkeiten aller Standorte und Regionen im Zeitraum 1999-2001. Allgemein zeichnete sich das Jahr 1999 durch geringe Niederschläge aus. Nach reichlich Niederschlägen im Winter waren die Böden i.d.R. im April abgetrocknet. Zum Pflanzen herrschten generell günstige Bedingungen. Ab Mai trat vereinzelt Wassermangel auf und nach hohen Verdunstungsraten im Juni gab es erst Mitte Juli weitere Regenfälle. Durch hohe Temperaturen und wenig Niederschläge zeichnete sich auch das Jahr 2000 aus. Ab Mitte April gestaltete sich die Witterung warm, trocken und einstrahlungsreich und führte zu raschem Aufgang der Bestände. Im April, Mai und Juni fielen unter dem Mittel liegende Niederschläge und erst Ende Juli trat mit Niederschlägen, geringeren Temperaturen und wenig Sonneneinstrahlung eine Wetteränderung ein, der ein trocken warmer Herbst folgte. Im Gegensatz zu den durch Trockenheit gekennzeichneten Jahren 1999 und 2000 verhielt sich die Witterung im Jahr 2001. Häufige Niederschläge und kühle Witterung verzögerten die Pflanzungen örtlich bis Mitte Mai, das führte zu deutlichen Unterschieden im Auflauf. Es folgte ein trockener und warmer Mai und ein kühler Juni, mit nur wenigen Trockenphasen bis Mitte August, wo wieder trocken heiße Witterung vorherrschte.

Witterung

Tab. 8: Mittlere Temperaturen (in °C) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein (Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Faßberg)

	1999	2000	2001	Mittel
Schleswig-Holstein	9,3	9,9	9,0	9,4
Niedersachsen	10,2	10,3	9,3	9,9

Werte in Schleswig-Holstein um 0,6°C geringer aus, in Niedersachsen nur um 0,1°C. Das kälteste Jahr war 2001 mit im Mittel 9,0°C in Schleswig-Holstein und 9,3°C in Niedersachsen.

Tab. 9: Niederschlagssummen (in mm) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein (Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Fassberg)

	1999	2000	2001	Mittel
Schleswig-Holstein	1083	663	891	879
Niedersachsen	702	703	844	750

Standorte mit 381 mm sehr groß. Berechnet man den Mittelwert nur mit den Standorten St. Peter und Holtenau ist der regionale Unterschied von 142 mm sehr viel geringer. Im Jahr 2000 fiel der Unterschied zwischen den Regionen mit 40 mm geringer aus. In Niedersachsen fielen mit 703 mm die meisten Niederschläge. Das Jahr 2001 war insgesamt das regenreichste der drei Jahre, in Schleswig-Holstein fielen mit 891 mm 47 mm Niederschlag mehr als in Niedersachsen. Der Unterschied zwischen den Regionen über alle drei Jahre betrug 129 mm mehr in Schleswig-Holstein, ohne Berücksichtigung des Ausnahmestandortes Elpersbüttel

Tab. 10: Niederschlagsdauer (in Stunden) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein (Elpersbüttel, St. Peter, Holtenau) und Niedersachsen (Munster, Celle, Faßberg)

	1999	2000	2001	Mittel
Schleswig-Holstein	1717	1242	1338	1432
Niedersachsen	1245	1332	1472	1350

Unterschiede zwischen den Standorten höher. In Munster regnete es mit 1204 Stunden deutlich weniger als an den Standorten Celle (1404 h) und Faßberg (1441 h). 1999 war in Schleswig-Holstein das Jahr mit den meisten Regenstunden (1717 h), in Niedersachsen das Jahr 2001 mit 1472 Stunden.

Tab. 11: Mittlere Windgeschwindigkeit (in Meter/Sekunde) der Jahre 1999-2001 für die Standorte in Schleswig-Holstein

	1999	2000	2001	Mittel
Schleswig-Holstein	5,4	5,5	5,0	5,3
Niedersachsen	3,4	3,4	3,2	3,4

*Standort Elpersbüttel kein vollständiger Datensatz vorhanden

Tab. 8 zeigt die mittleren Temperaturen der Jahre 1999 bis 2001 für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Die höchsten Temperaturen zeigte das Jahr 2000 mit im Mittel 9,9°C in Schleswig-Holstein und im Mittel 10,3°C in Niedersachsen. Im Jahr 1999 fielen die

Die Niederschlagssummen waren in Elpersbüttel im Jahr 1999 mit 1562 mm extrem hoch (Tab. 9). An den anderen beiden Standorten fielen im gleichen Jahr nur 889 und 799 mm Regen. So war 1999 der Unterschied zwischen den Regionen im Mittel der 3 Standorte mit 381 mm sehr groß. Berechnet man den Mittelwert nur mit den Standorten St. Peter und Holtenau ist der regionale Unterschied von 142 mm sehr viel geringer. Im Jahr 2000 fiel der Unterschied zwischen den Regionen mit 40 mm geringer aus. In Niedersachsen fielen mit 703 mm die meisten Niederschläge. Das Jahr 2001 war insgesamt das regenreichste der drei Jahre, in Schleswig-Holstein fielen mit 891 mm 47 mm Niederschlag mehr als in Niedersachsen. Der Unterschied zwischen den Regionen über alle drei Jahre betrug 129 mm mehr in Schleswig-Holstein, ohne Berücksichtigung des Ausnahmestandortes Elpersbüttel jedoch nur 36 mm.

Tab. 10 beschreibt die Niederschlagsdauer in Stunden über die drei Versuchsjahre für die Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen.

In Niedersachsen waren die Unterschiede zwischen den Standorten höher. In Munster regnete es mit 1204 Stunden deutlich weniger als an den Standorten Celle (1404 h) und Faßberg (1441 h). 1999 war in Schleswig-Holstein das Jahr mit den meisten Regenstunden (1717 h), in Niedersachsen das Jahr 2001 mit 1472 Stunden. In Schleswig-Holstein fiel im Mittel der Jahre und Standorte 82 mm mehr Niederschlag als in Niedersachsen, was durch die hohen Werte im Jahr

1999 begründet ist, in den anderen beiden Jahren regnete es in Niedersachsen länger als in Schleswig-Holstein.

In Schleswig-Holstein traten im Mittel der Jahre und Standorte mit 5,3 Meter pro Sekunde wesentlich höhere Windgeschwindigkeiten auf, als in Niedersachsen (3,4 m/sec., Tab. 11). Die Windgeschwindigkeit ist am nördlichsten Standort St. Peter sehr viel höher als in Elpersbüttel und Holtenau (St. Peter (7,8), Elpersbüttel (4,0), Holtenau (4,1)). In Niedersachsen fanden sich geringere jahreszeitliche Unterschiede, in der Periode von Mai bis Aug. blieben die Werte relativ konstant.

4.4 Methoden und Messparameter

4.4.1 Felderhebungen

4.4.1.1 Bodenproben

Die Dokumentation der N-Dynamik im Boden erfolgte mittels Bodenproben ab der Ernte im ca. vierwöchigen Intervall für die Varianten Kontrolle und frühes Grünroden. Eine Kernparzelle von 132 m² wurde ausgemessen und markiert und alle weiteren Probenahmen erfolgten in diesem Bereich. Die Proben wurden mittels eines Pürkhauer-Bohrstockes in 30 cm Tiefenabschnitten, bis zu einer Tiefe von 90 cm entnommen. Je Parzelle wurden 4 Einstiche vorgenommen. Die Bohrkern der jeweiligen Tiefenstufe wurden zu Mischproben vereinigt, in verschleißbare Polyäthylenbeutel gefüllt und noch auf dem Feld gekühlt. Die weitere Lagerung bis zur chemischen Analyse fand bei -22°C (zur Unterbindung der Mineralisation organischer Stickstoffverbindungen) statt.

4.4.1.2 Pflanzenproben

Die Ertragserhebung erfolgte variantenspezifisch nach Erreichen der Schalenfestigkeit frühestens drei Wochen nach Absterben des Krautes, dem Krautschlagen bzw. dem Grünroden. 7,5 m² des Kernbereiches einer Parzelle wurden von Hand beerntet. Bis zur Sortierung und Bonitur lagerten die Proben im hofeigenen Kartoffellager (Kistenlagerung mit Zwangsbelüftung) des Versuchsgutes Lindhof.

4.4.1.3 Bonituren

Zu jeder Beprobung wurde das EC-Stadium bestimmt (BBA 1994), nach dem Krautschlagen zudem der Anteil wiederausgetriebener Pflanzen.

4.4.1.4 Vektorabundanz

Auf jeder Versuchsfläche wurden zwei Gelbschalen, gefüllt mit Wasser und Entspannungsmittel, in West-Südwest-Richtung (Hauptwindrichtung) aufgestellt und wöchentlich geleert. Zur Konservierung des Fangs bei hohen Temperaturen, wurde nach Bedarf etwas Ethanol (70 %) zugegeben. Die Schalen (33,5 x 22,5 cm, Fa. Zeneca) waren mit einem Überlaufschutz versehen und wurden der Bestandeshöhe angepasst. Bis zur Separierung im Labor wurden die Insektenfänge in 70 %-igem Ethanol konserviert und im Kühlschrank gelagert.

4.4.2 Laboruntersuchungen

4.4.2.1 Boden

4.4.2.1.1 N_{min}

Die Extraktion der Bodenproben erfolgte nach langsamer Auftauphase im Kühlschrank und Homogenisation mit einer 0,0125 molaren CaCl₂-Lösung im Verhältnis 1:4 (50 Boden auf 200ml CaCl₂-Lösung). Die Bestimmung des Nitrat-Stickstoffs wurde nach Hoffmann (1991) (modifiziert nach Schmitt (1992)) durchgeführt und im Spektralphotometer (Hitachi Spectrophotometer U-3210) bei 210 nm gemessen. Der Ammonium-Stickstoff konnte, wie bei Kandeler (1993) beschrieben, ebenfalls mit dem Spektralphotometer bei 660 nm ermittelt

werden.

4.4.2.2 Pflanzen

4.4.2.2.1 Virusbefall

Pro Versuchsvariante wurden je 50 Knollen unterschiedlicher Pflanzen auf Virusbefall (PLRV, PVA, PVM, PVS, PVX (Potato virus X; Kartoffel-X Virus), PVY mittels DAS-ELISA-Verfahren) wie bei Casper & Meyer (1981) beschrieben, getestet. Die Probenahme erfolgte gleichmäßig über die Fläche verteilt. Im Versuchsjahr 2001 wurde die Testknollenanzahl auf einigen Schlägen (Betrieb 7 und 5) auf 400 Knollen pro Variante erhöht. Aus den Testknollen wurden Augenstecklinge geschnitten, 20 Minuten in Gibberellinsäure (1ppm) getaucht, getopft, angezogen und 1-2 Blätter mittlerer Blattetagen gepresst (Walzenpresse, Fa. Polähne). Seren und Positivkontrollen wurden von Fa. Bioreba bezogen. Die photometrische Messung erfolgte im Durchlichtverfahren (Spectra mini, Fa. Tecan, 405 nm), die Auswertung mittels der Software easy Win kinetics (Version 4.0a).

4.4.2.2.2 Knollengrößenverteilung

Die Ernteknollen wurden mit einer Sortiermaschine (Fa. Skals) im Schockverfahren in die Fraktionen <28 mm, 28-35 mm, 35-50 mm, >50 mm separiert und faule Knollen erfasst.

4.4.2.2.3 Knollenbonituren Krankheitsbonituren

Tab. 12: Klassengrenzen für die Indexberechnung auf *Streptomyces scabies*

Klasse	Grenzen
1	0 %
2	0-10 %
3	10-20 %
4	>20 %

Aus der Sortierfraktion 35-50 mm wurden je 50 Knollen für die spätere Bonitur auf Qualitätsparameter (Grüne Knollen, faule Knollen, Kindelbildung, Abschürfungen und Doppelhautbildung, Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*), Wurzeltöter-Sklerotienbefall (*Rhizoctonia solani*)) entnommen und im eigenen Kartoffellager zwischengelagert. Während bei der Qualität die prozentualen Anteile minderwertiger Knollen direkt in die statistische Verrechnung eingingen, wurde bei den Krankheiten, zum Vergleich der Partien nach Befallsgrad, ein Index berechnet. Mit Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) befallene Knollen wurden dazu in die Klassen 0 %, 0-10 %, 10-20 %, 20-30 %, 30-40 %, 40-50 %, >50 % eingeteilt. Die Indexberechnung erfolgte mit der Formel (BBA 1982):

$$\frac{1N_1 + 2N_2 + 3N_3 + 4N_4}{N}$$

Tab. 13: Klassengrenzen für die Indexberechnung auf *Rhizoctonia solani*

Klasse	Grenzen
1	0 %
2	0-1 %
3	1-5 %
4	>5 %

Zum Wurzeltöter-Sklerotienbefall (*Rhizoctonia solani*) kam folgende Klassenbildung zur Anwendung: 0 %, 0-1 %, 1-5 %, 5-10 %, 10-15 %, >15 %. Auch hier wurden die Ergebnisse zu einem Index zusammengefasst. Die Indexermittlung über (BBA 1982):

$$\frac{1N_1 + 2N_2 + 3N_3 + 4N_4}{N}$$

4.4.2.3 Keimfähigkeit

In den Jahren 2000 und 2001 wurden jeweils 30 Knollen der Varianten Kontrolle und frühes Grünroden aus der Ernte des Vorjahres zur Keimung gebracht und auf Anzahl ausgekeimter Augen und Triebe bonitiert.

4.4.2.4 Lagereignung

Die Untersuchungen zur Lagerstabilität nach der Ernte an 10 kg Probenmaterial der Varianten „Kontrolle“ und „Grünroden früh“ wurden an der KTBL-Station Dethlingen durchgeführt. Die untersuchten Parameter nach 5-monatiger Lagerperiode (4-6°C) waren Gewichtsverlust,

Keimung, Trockenfäule, Nassfäule und der Befall mit *Rhizoctonia solani* vor und nach der Einlagerung. Gewichtsverluste wurden gravimetrisch bei ein- und Auslagerung bestimmt. Abweichend von der anteiligen Erfassung keimender, trockenfauler und nassfauler Knollen, wurde der *Rhizoctonia*-Sklerotien Besatz zu einem Index zusammengefasst. Die Einteilung der Werteklassen und die verwendete Formel entspricht der Beschreibung in Kapitel 4.4.2.2.3.

4.4.2.5 Blattlaus-Artenbestimmung

Die Artenbestimmung der gefangenen Blattläuse erfolgte nach Müller (1975a), Heie (versch. Jahrgänge) und Taylor (1984) mittels eines Stereomikroskopes (Olympus SZX9) (Heie 1980; Taylor 1984). Die Artenbestimmung begrenzt sich auf 4 Standorte und 2 Jahre (1999: Betrieb 3 (SH: Schelswig-Holstein) und 7 (NS: Niedersachsen); 2001: Betrieb 1 (SH) und 7 (NS)). Im Jahr 1999 wurden sämtliche Individuen bestimmt. Aus den Fängen des Jahres 2001 wurden jeweils Teilproben bestimmt, dessen Größe über folgende Formel (aus Win Episcopo 2.0) berechnet wurde:

$$n = (1 - (1 - CL)^{1/d})(N - (d - 1)/2)$$

n = notwendiger Stichprobenumfang

N = Populationsumfang (entspricht dem Blattlausfang), hier Summe Blattläuse beider Schalen

d = Mindestanzahl; Anzahl der Merkmalsträger in der Population (z.B. $d = N * 0,05 \wedge 5 \%$)

CL = Vertrauenswahrscheinlichkeit, hier 0,85

Die Anzahl der zu bestimmenden Läuse wurde mittels der folgenden Formel berechnet:

$$A_{\text{ges}} = (N/n) * A_{\text{best}}$$

A_{ges} = Anzahl der im Gesamtfang vorkommenden Läuse einer Art

A_{best} = Anzahl der bestimmten Läuse einer Art

n = notwendiger Stichprobenumfang

N = Populationsumfang

4.5 Einsatz des Prognosesystems „TuberPro“

Das Prognosesystem „TuberPro“ (siehe auch Handbuch Version 2.02 (Nemecek 1994)) ist in

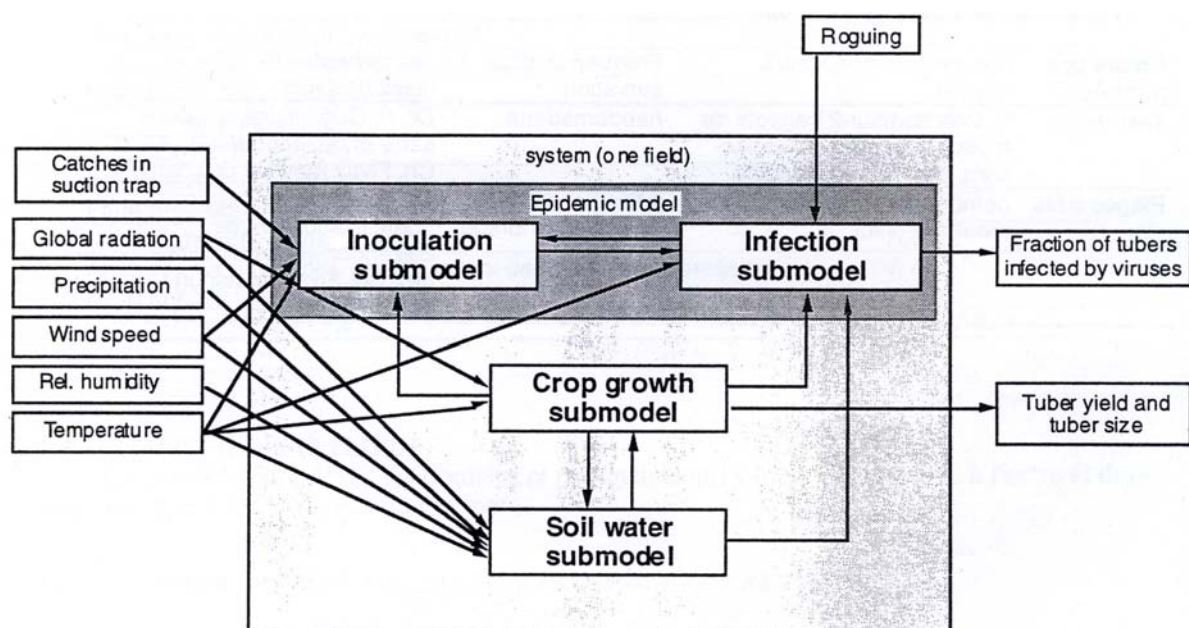


Abb. 4: Struktur des Modells „EPOVIR“ nach Nemecek 2004

Einsatz des Prognosesystems „TuberPro“

der Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie Landbau in Zürich im Einsatz und wird u.a. für die Entscheidung zu „Totterminen“ im Rahmen der Pflanzgutankererkennung herangezogen. Das Modell berücksichtigt für vorgegebene Krautminderungstermine sowohl den Ertrag, die Knollengrößenverteilung, als auch den Virusbefall (PVY und PLRV) des Pflanzgutes. Bei der Berechnung der Wahrscheinlichkeit der Anerkennung als Pflanzgut wird dreistufig zwischen der Eignung der Vermehrungsfläche, der Sortenanfälligkeit für Virusinfektionen, sowie dem Ausgangsbefall des Pflanzgutes unterschieden.

Das Prognosesystem stützt sich auf die Applikation „EPOVIR“ (= epidemiology of potato viruses), welches vier Module kombiniert. Das „inoculation submodel“ verarbeitet die Vektorintensität, während das „infection submodel“ die Infektionsraten von PVY und PLRV mittels der Anzahl von Infektionsquellen und dem Grad der Altersresistenz bestimmt. Zusätzlich stehen für Ertrags und Knollengrößenberechnungen noch das „crop growth submodel“ und das „soil water submodel“ zur Verfügung. In „TuberPro“ gehen Tagessummen bzw. Mittelwerte der Witterungsverhältnisse (Minimale und maximale Temperatur, Relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit, Relative Luftfeuchte) sowie Blattlausfangdaten einer Saugfalle, differenziert in die Arten/Artengruppen *Aphis fabae*, *Aphis nasturtii*, *Aphis* spp., *Acyrthosiphum pisum*, *Brachycaudus helichrysi*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Phorodon humuli* und *Rhopalosiphum padi* ein. Zusätzlich finden weitere Einflußgrößen, wie das Vorjahresinfektionsniveau, den Ausgangsbefall des Pflanzgutes, ein vektorbezogenes Infektionspotential, das Auflaufdatum, Bereinigungsmaßnahmen, Höhenlage, die Virus-Anfälligkeit der Sorte Berücksichtigung.

Tab. 14: Standortspezifische Eingangsvariablen der Versuchsfläche von Betrieb 7 im Jahr 1999

Vorjahresinfektion (mittlerer Anteil viruskranker Knollen aller Saatgutposten des Vorjahres)	5 %
Ausgangsbefall des verwendeten Pflanzgutes	0,00 %
Vektorbezogenes Infektionspotential für PVY und PLRV (Anteil infizierter Migrants)	0,002 %, 0,0005 %
Auflaufdatum	23. Mai
Krautminderungstermine	19. Juli, 3. August
Höhenlage über NN	60 m
Sortengruppe nach Anfälligkeit für Virusinfektionen	Sortengruppe 3, sehr anfällig

Mit dem Einsatz des Modells im eigenen Projekt sollte die Höhe des Virusbefalls der Pflanzgutpartie bei Variation des schlagspezifischen Vektorbefallsdruckes (s_i), sowie das Auftreten von Wiederaustrieb simuliert werden (itDelHK). Einbezogen wurden die

in Tab. 14 genannten standortbezogenen Parameter einer in Niedersachsen (Betrieb 7, Jahr 1999) gelegenen Versuchsfläche in Verbindung mit Blattlaus Fangdaten der nächstgelegenen Saugfalle in Aschersleben und Witterungsdaten dieses Standortes. Um den vektorbasierten Befallsdruck zu simulieren wurde der Faktor s_i („Site immigration factor“: „siteImFact“), orientiert an den eigenen Messwerten, in einen Fall auf eins im anderen auf 7 gesetzt. Der „Site immigration factor“ ermöglicht mittels einer linearen Regression den Vergleich unterschiedlicher Standorte in Bezug auf den Befallsdruck, indem andere Fallensysteme (Gelbschalen oder hier „Fisherline Traps“) in Bezug zu den Fängen der Saugfalle gesetzt werden können (siehe Nemecek 1994, S.37). Dabei entspricht ein Wert von eins einem Befallsdruck, der dem zum Saugfallenstandort identisch ist, Werte kleiner eins einem geringeren und Werte größer eins einem entsprechend höheren Befallsdruck.

Der Effekt von Wiederaustrieb wurde zudem über die Variation des „itDelHK“ (TuberInfectionDelayAfter HK; Faktorstufen: keine, 20, 50, 90; Einheit: Tagesgrade) simuliert. „Tu-

berPro“ dient diese Routine zur Berechnung der Zunahme des Anteils viruskranker Pflanzen zwischen chemischem Krautminderungstermin und dem vollständigem Absterben des Bestandes.

4.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket SAS (Statistical Analysis System) Release 8.2. auf Basis eines gemischten Modells (Prozedur MIXED) mit den in Tab. 2 (S.28) vorgestellten Faktoren und deren Interaktionen. Varianzhomogenität wurde mittels eines Residuen-Schätzwerteplots überprüft. Über die Anweisung „random“ wurde die Wiederholung innerhalb der Versuchsjahre und Betriebe $wdh(jahr*betrieb)$ in das statistische Modell aufgenommen (Kap. 9.1.1, S. 124).

Mittels F-Test wurden die Faktoren und Interaktionen auf Signifikanz geprüft. Folgende Sicherungsgrenzen wurden in der Auswertung verwendet: ns = nicht signifikant ($p = \text{Wahrscheinlichkeit} \geq 0,05$); * = signifikant ($p > 0,05 \geq 0,01$); ** = hoch signifikant ($0,01 > p \geq 0,001$); *** = sehr hoch signifikant ($p > 0,001$). Der Tukey-Test diente dem multiplen Vergleich von Least-Square-Means. Beschriftungen gleicher Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p = 0,05$). Bei den angegebenen Mittelwerten handelt es sich um Least Square Means (LSM). Die Ergebnisse der Virus-tests wurden vor der Verrechnung mittels der Arc-Sinusfunktion transformiert. Das Blattlausmonitoring wurde variantenunabhängig für jeden Standort durchgeführt. Die Analyse der N_{min} -Werte beschränkt sich auf die nicht vorgekeimten Varianten und die Behandlungen Kontrolle und frühes Grünroden (Zeitreihe, abhängige Stichproben).

5 Ergebnisse

5.1 Befallsflugintensität

In diesem Kapitel werden die Anzahl der mittels Gelbschalen gefangenen Blattläuse und deren Artenverteilung dargestellt. Der Umfang und die Terminierung der Probenahmen ist bereits in Tab. 5 bis Tab. 7 (S. 31) sowie in Kapitel 4.4.1.4 (S. 34) beschrieben worden.

5.1.1 Anzahl Blattläuse

Die folgenden Daten sind die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse mit SAS (Tab. 36, S.124). Für die Varianzanalyse wurden die Fangdaten mit dem natürlichen Logarithmus transformiert.

Beide Regionen unterscheiden sich signifikant. Zwischen den beiden ausgewählten Naturräumen, einerseits der Küstenregion (Schleswig-Holstein) und andererseits dem Landesinneren (Niedersachsen), bestanden deutliche Unterschiede hinsichtlich der Flugintensität. Im Jahr 1999 wurden in Niedersachsen 1708 Individuen gefangen, in Schleswig-Holstein jedoch nur 291 Blattläuse (Tab. 15). In Schleswig-Holstein konnten nur geringe Anzahlen im Vergleich mit den Fängen in Niedersachsen ausgezählt werden. Im Jahr 1999 und dem blattlausreichsten Jahr 2001 war der Fang geflügelter Blattläuse in Schleswig Holstein in der Jahressumme um den Faktor 6 geringer (Tab. 15), während er im Jahr 2001 um den Faktor 16 verringert war. Signifikante Unterschiede zwischen den Regionen bestanden in der Regel zu den Terminen des beginnenden und während des sommerlichen Massenfluges, im Jahr 2001 auch Ende April / Anfang Mai durch die zeitliche Verschiebung des ausgeprägten frühjährlichen Flugeschehens.

Tab. 15: Summe geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 bis 2001

	1999	2000	2001
Schleswig-Holstein	291	782	124
Niedersachsen	1708	4727	1954
Mittel	1000	2755	1039

Auch die drei Jahre unterschieden sich signifikant voneinander. Im Jahr 2001 wurden über die Vegetationsperiode am meisten geflügelte Läuse gefangen (2755, Tab. 15), während die Jahressummen im Jahr 1999 und 2001 sich mit 1000 und 1039 gefangenen Blattläusen relativ ähnlich waren. Differenzen bestanden

den jedoch im zeitlichen Auftreten der Blattläuse.

Bis Mitte Juni verhielt sich das Aufkommen geflügelter Blattläuse im Jahr 1999 auf sehr niedrigem Niveau, in Schleswig-Holstein blieben die wöchentlichen Fänge unter 15 Individuen, in Niedersachsen unter 36 Läusen. Nur in Niedersachsen unterschieden sich die ersten drei Fangtermine von Ende April bis Anfang Mai signifikant (0, 2, 18 Blattläuse/Woche). Anfang Juli setzte dann zeitgleich in beiden Regionen der sommerliche Befallsflug verstärkt ein (Abb. 5), die drei Fangtermine von Mitte Juni bis Anfang Juli unterschieden sich in Niedersachsen signifikant (30, 200, 511 Läuse/Woche), in Schleswig Holstein traf dies nur für die Termine Mitte Juli zu, wo eine Zunahme von 11 auf 46 gefangene Blattläuse pro Woche stattfand. Zum Maximum am 9. Juli wurden in Niedersachsen 518 Individuen gefangen, in Schleswig-Holstein dagegen 22. Nur in Niedersachsen war die Abnahme des Befallsfluges Mitte Juli und der Zusammenbruch der Population Anfang August signifikant. Im Vergleich der drei Untersuchungsjahre war 1999 das Jahr mit dem frühesten sommerlichen Befallsflug.

Im Jahr 2000 wurde ein deutlicher Anstieg in den Fangzahlen bis zu 456 Blattläusen in Niedersachsen und 149 Individuen in Schleswig-Holstein schon Anfang bis Mitte Mai festgestellt. Die ersten drei Fangtermine unterschieden sich in beiden Regionen signifikant. Die Populationsdichte im Sommer des Jahres 2000 nahm dann im Vergleich mit dem Jahr 1999 erst deutlich später (Anfang August) zu. In Schleswig-Holstein zeichnete sich diese Entwick-

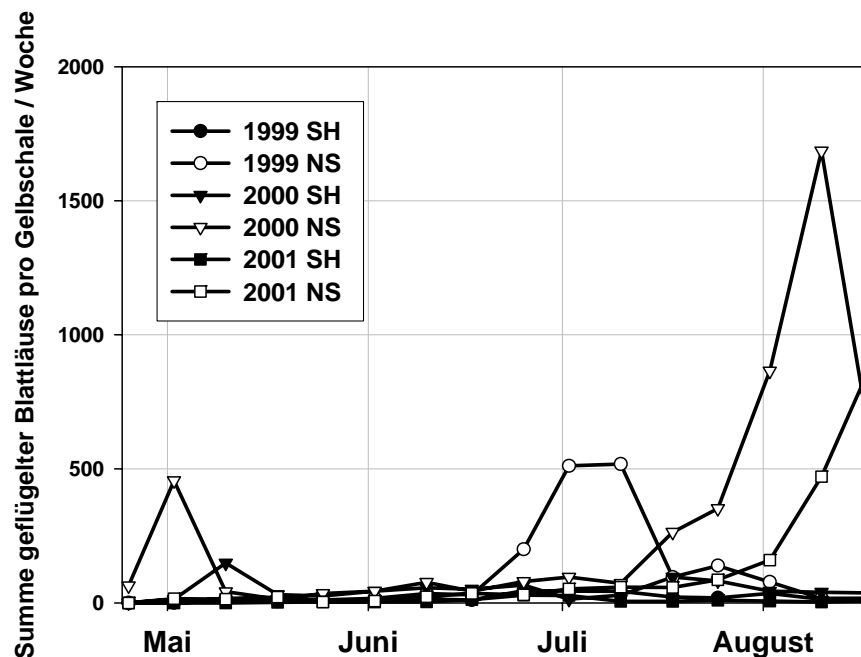


Abb. 5: Mittleres Aufkommen geflügelter Blattläuse in Gelbschalen pro Woche in den Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999 – 2001

te von 96 Blattläusen bis zum Ende der Vegetationsperiode keine signifikante Zunahme mehr statt. Zudem konnte besonders im Jahr 2000 eine zeitliche Verschiebung der Maxima zwischen den Regionen beobachtet werden (Niedersachsen: 15. Mai, Schleswig-Holstein: 22. Mai).

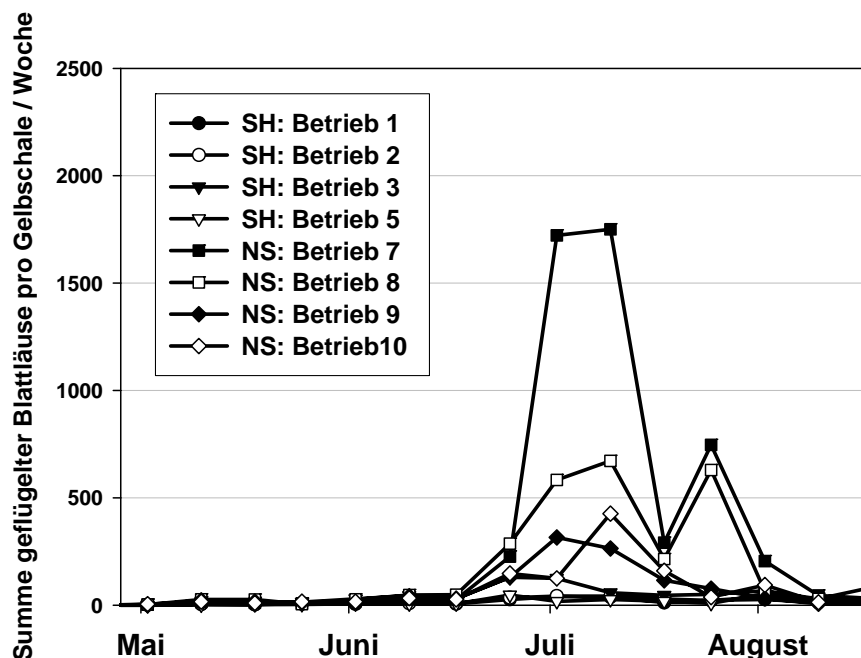


Abb. 6: Aufkommen geflügelter Blattläuse in Gelbschalen pro Woche der Versuchsbetriebe in den Regionen Schleswig Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) im Jahr 1999

lung Ende Juni mit einer signifikanten Abnahme der Fangrate von 67 auf 14 Individuen pro Woche und im Anschluß Anfang bis Mitte Juli in einer signifikanten Zunahme von 29 auf 96 Läusen ab. Im Vergleich der drei Jahre wurden 2000 die meisten Blattläuse gefangen. Zum maximalen Aufkommen Anfang August wurden in Niedersachsen 1686 Läuse gezählt. In Schleswig-Holstein fand demgegenüber ab Mitte Juli mit einer Fangrate

Im Jahr 2001 wurden an allen Standorten die geringsten Anzahlen geflügelter Blattläuse gefangen. Der Frühjahrsflug war in Niedersachsen durch eine signifikante Zunahme Ende April / Anfang Mai (0, 17 Individuen/Woche) und eine signifikante Abnahme Mitte Mai (22, 14 Individuen/Woche) gekennzeichnet. Erst Ende Juli nahmen die geflügelten Blattläuse in Niedersachsen noch bis August auf 909 Individuen zu. Eine entsprechende Vermehrung Ende

Juli im Jahr 2001 trat in Schleswig-Holstein nicht auf. Bereits Anfang Juli nahmen hier die Fangzahlen signifikant von 28 auf 6 Individuen ab, blieben im weiteren Verlauf unter 11 Blattläusen pro Woche, wobei die Fänge keine signifikanten Unterschiede zwischen den Terminen zeigten.

Im Folgenden wird die einzelbetriebliche Varianz auf den Betrieben noch einmal anhand der Blattlausfänge des Jahres 1999 dargestellt (Abb. 6). Auch innerhalb der Regionen gab es große Unterschiede in den Fangzahlen zwischen den Betrieben, vor allem in Niedersachsen mit der höheren Befallsflugintensität. Mitte Juli lagen die Blattlausfänge in den Gelbschalen in Schleswig-Holstein zwischen 18 und 125 (Mittel: 56) Läusen, während in Niedersachsen die Spanne von 126 bis 1722 Läusen (Mittel: 687) reichte. Auffallend hoch war insbesondere das Blattlausaufkommen auf der Versuchsfläche des Betriebes 7 in Niedersachsen. Hier wurden am 1. Juli 1722 und am 9. Juli 1750 Blattläuse gefangen. Das zweitstärkste Blattlausaufkommen trat auf Betrieb 8 (mit 630 Individuen am 9. Juli) ebenfalls in Niedersachsen auf.

Zusammenfassung

In der Regel konnten zwischen den Regionen deutliche Differenzen festgestellt werden, sowohl in Bezug auf die Anzahl geflügelter Blattläuse, als auch auf den Zeitpunkt des Auftretens, was sich in Schleswig-Holstein in einer ca. 7-tägigen Verzögerung auswirkte. Auf einzelbetrieblichem Niveau waren die Varianzen in Niedersachsen besonders groß. Auch zwischen den Jahren bestanden in Bezug auf das Auftreten geflügelter Blattläuse Unterschiede, sowohl im zeitlichen Verlauf der Vermehrung, als auch in der Anzahl der Individuen.

5.1.2 Artenverteilung der Blattläuse

Für die Beschreibung der Artenverteilung wurden 19 Arten ausgewählt, die im Gesamtfang mit mindestens 20 Individuen beteiligt waren. Mit über 1 % im Gesamtfang waren nur 7 Arten vertreten. Insgesamt wurden 37 Arten erfasst. Tab. 16 zeigt die Artenverteilung in den Jahren 1999 und 2001 der ausgewählten Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen.

Es dominierten in beiden Jahren mit Anteilen von 69,22 % und 81,67 % die unter *Aphis* spp. zusammengefassten Arten, mit höheren Werten in Niedersachsen und in beiden Regionen im Jahr 2001. Das Verhältnis der Anteile in den Regionen war im Vergleich 1999 mit 1:2,3 weiter als im Jahr 2001 mit 1:1,6. An zweiter Stelle der Häufigkeit lag *Macrosiphum euphorbiae* mit Anteilen von 2,76 % (2001, Niedersachsen) bis zu 17,30 % (1999, Schleswig-Holstein). In Niedersachsen traten zudem in beiden Jahren *Breviycoryne brassicae* und *Capitophorus hippophaes* mit höheren Anteilen (1,22 % bis 5,88 %), in Schleswig-Holstein dagegen in beiden Jahren *Cavariella aegopodii* mit bis zu 12,44 % auf. Auffällig war auch, dass in Schleswig-Holstein der Anteil der unter sonstige Arten zusammengefassten Individuen um ein vielfaches höher lag. Zu den 5 häufigsten Arten zählen in Schleswig-Holstein neben den bereits genannten Arten im Jahr 1999 *Aulacorthum solani* (4,95 %) und *Rhopalosiphum insertum* (3,24 %) und im Jahr 2001 *Hayhurstia arthroplicis* (5,78 %) und *Phorodon cannabis* (8,24 %), während dazu in Niedersachsen im Jahr 1999 *Myzus myosotidis* (2,26 %) und im Jahr 2001 *Rhopalosiphum insertum* (1,34 %) gezählt werden konnten. Im Jahr 2001 fiel zudem das in Schleswig-Holstein besonders geringe Artenspektrum von nur 11 Arten und Artengruppen der Auswahl auf.

Tab. 16: Mittlere Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen im Gesamtfang und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen der Jahre 1999 und 2001

Jahr	1999			2001		
Region	SH	NS	Summe	SH	NS	Summe
	%					
Summe	1314	8221	9535	341	5099	5440
<i>Aphis</i> spp. (Koch, 1857)	33,44	74,94	69,22	49,37	83,83	81,67
<i>Aphis fabae</i> Gruppe (siehe Brown, 1989)	1,04		0,14	0,59	0,24	0,27
<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach, 1843)	4,95	0,45	1,07	0,80	1,19	1,16
<i>Brevicoryne brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	2,74	2,40	2,45	4,11	2,00	2,13
<i>Capitophorus hippophaes</i> (Walker, 1852)	1,22	5,88	5,24		1,34	1,26
<i>Cavariella aegopodii</i> (Scopoli, 1783)	3,96	0,16	0,69	12,44	0,15	0,92
<i>Cavariella pastinacae</i> (Linnaeus, 1758)	1,58	0,01	0,23		0,40	0,37
<i>Cavariella theobaldi</i> (Gilette & Bragg, 1918)	0,70	0,44	0,48	0,26	0,23	0,23
<i>Euceraphis punctipennis</i> (Passerini, 1860)	1,75		0,24		0,60	0,56
<i>Hayhurstia atriplicis</i> (Linnaeus, 1761)	1,67	0,18	0,39	5,78	0,30	0,65
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas, 1878)	17,30	10,48	11,42	7,33	2,76	3,05
<i>Meogura viciae</i> (Buckton, 1876)	0,70	0,04	0,13		0,27	0,25
<i>Monelliopsis pecanis</i> (Bissell, 1983)	1,48	0,13	0,32	0,29	0,41	0,40
<i>Myzus myosotidis</i> (Börner, 1950)	1,46	2,26	2,15		0,54	0,51
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer, 1776)	1,67		0,23		0,53	0,50
<i>Nasnovia ribis-nigri</i> (Mosley, 1841)	1,03	0,06	0,19	0,42	0,30	0,31
<i>Phorodon cannabis</i> (Passerini, 1860)	1,89	0,26	0,48	8,21	0,12	0,63
<i>Rhopalosiphum insertum</i> (Walker, 1849)	3,24	1,08	1,38		1,34	1,26
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus, 1758)	0,58	0,01	0,09		0,22	0,21
sonstige	17,58	1,22	3,47	10,40	3,22	3,67

Kein Eintrag: Anzahl=0

Die Tab. 17 und Tab. 18 (S. 45) zeigen die prozentuale Artenverteilung der Blattläuse im Jahr 1999 der ausgewählten Versuchsflächen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen.

Am häufigsten und stetig über die Vegetationsperiode traten die unter *Aphis* spp. zusammengefassten Arten und *Macrosiphum euphorbiae* auf, was auch für das Jahr 2001 (Tab. 19, S.

46; Tab. 20, S. 47) galt. Das Jahr 1999 zeichnete sich durch besonders hohe Anteile von *Macrosiphum euphorbiae* von bis zu 43,67 % in Schleswig-Holstein aus. Zudem konnte im Gegensatz zum Jahr 2001 schon sehr früh (17.05.) *Capitophorus hippophaes* gefangen werden, welche ab Anfang August besonders in Niedersachsen höhere Anteile erreichten (max. 23,08 %). Das Artenspektrum zum Flugmaximum am 5.07. war in Schleswig-Holstein mit 11 Arten bzw. Familien relativ groß, während es sich in Niedersachsen deutlich verengte, am 19.07. traten nur *Aphis* spp. (76 %), *Macrosiphum euphorbiae* und *Myzus myosotidis* auf. Im Zeitraum vom 12.7 bis 2.8. mit maximalen Fangzahlen konnten keine sonstigen Arten bestimmt werden.

Die Tab. 19 und Tab. 20 (S. 47) zeigen die prozentuale Artenverteilung der Blattläuse im Jahr 2001 der ausgewählten Versuchsflächen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen.

Im Vergleich zum Jahr 1999 war das Spektrum der auftretenden Arten im Jahr 2001 sehr viel geringer, dies galt besonders für den Standort in Schleswig-Holstein. *Rhopalosiphum insertum* war im Vergleich zu 1999 sehr viel seltener in den Gelbschalen zu finden und als neue Art kam *Monelliopsis pecanis* dazu. Im Jahr 2001 konnten zum Zeitpunkt des Flugmaximums (SH: 23.08., NS: 18.07. u. 31.08.) in beiden Regionen ähnlich viele Arten bzw. Artengruppen aus den Fallen bestimmt werden (SH: 6; NS: 5, sehr dominiert von *Aphis* spp. 89,19 %). Im Gegensatz zu 1999 traten im Jahr 2001 jedoch deutliche Unterschiede im Beginn des Frühjahrsfluges auf. In Niedersachsen konnten ähnlich früh, wie im Jahr 1999, schon am 17.5. Blattläuse gefangen werden, während in Schleswig-Holstein der Befallsflug erst 4 Wochen später einsetzte. Die in Niedersachsen noch vergleichsweise häufig auftretende Art *Myzus persicae* fand sich in Schleswig-Holstein erst Ende August in den Schalen und auch *Macrosiphum euphorbiae* konnte erst am 26.7. gefangen werden. Zudem fanden sich in Schleswig-Holstein große Anteile von *Cavariella aegopodii* (bis 55,56 % am 21.6.) und sonstige Arten (75 % am 18.7.). Die unter sonstige Arten zusammengefassten Individuen nahmen in beiden Jahren an den Standorten in Niedersachsen im Gegensatz zu denen in Schleswig-Holstein Mitte Juli deutlich ab. *Brevicoryne brassicae* konnte dagegen in größeren Anteilen vorwiegend in Niedersachsen gefangen werden. Die Arten *Euceraphis punctipennis* (Birkenzierlaus) und *Myzus myosotidis* (Vergissmeinnicht-Laus) traten ausschließlich in Niedersachsen und im Jahr 2001 auf.

Zusammenfassung

Von 37 gefangenen Arten kamen 19 mit mehr als 20 Individuen im Gesamtfang vor. Die Artenverteilung differierte zwischen den Jahren und Regionen. Im Jahr 2001 war das Artenspektrum allgemein geringer. 1999 und 2001 dominierten die unter *Aphis* spp. zusammengefassten Arten und *Macrosiphum euphorbiae*. Manche Arten kamen überwiegend in bestimmten Regionen oder Jahren vor (*Capitophorus hippophaes*: 1999, *Brevicoryne brassicae*: Niedersachsen, *Cavariella* spp.: Schleswig-Holstein). Zum Flugmaximum fand in Niedersachsen eine deutliche Verengung des Artenspektrums statt.

Tab. 17: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Schleswig-Holstein über die Vegetationsperiode 1999

Datum	10.05.	17.05.	26.05.*	31.05.	07.06.	14.06.	21.06.	28.06.	05.07.	12.07.*	19.07.	26.07.	02.08.*	09.08.	16.08.	23.08.
sonstige		6,67	14,71	3,85	6,9	16,67	27,91	6	25,32	7,59	27,43	25,26	12	8,33	28,89	24,24
Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)										,63	,88	1,05	4			
Rhopalosiphum insertum (Walker, 1849)		6,67	17,65	11,54	3,45		1,16		1,9	,63	5,31	6,32	3	5,83	4,44	
Phorodon cannabidis (Passerini, 1860)				3,85	3,45	4,17	1,16	2	3,16	,63	2,65	1,05	1	4,17		
Nasnovia ribis-nigri (Mosley, 1841)										,63	,88	1,05	5	1,67		4,55
Myzus persicae (Sulzer, 1776)			38,24	11,54	10,34							1,05	2			
Myzus myosotidis (Börner, 1950)										5,7	,88			2,5		1,52
Monelliopsis pecanalis (Bissell, 1983)						4,17	2,33	2	1,27	1,27		1,05	8			
Meogura viciae (Buckton, 1876)				3,85	10,34		1,16		,63	,63	,88					
Macrosiphum euphorbiae (Thomas, 1878)			8,82			4,17	1,16	30	21,52	43,67	15,04	6,32	5	10,83	2,22	
Hayhurstia atriplicis (Linnaeus, 1761)			5,88				2,33	2			1,77	8,42	2	,83	6,67	1,52
Euceraphis punctipennis (Passerini, 1860)												3,16	11	5,83		3,03
Cavariella theobaldi (Gillette & Braga, 1918)										1,27			4	1,67		
Cavariella pastinacae (Linnaeus, 1758)									,63	1,27	2,65	7,37	2	1,67		3,03
Cavariella aegopodii (Scopoli, 1783)				15,38	20,69	4,17	9,3		4,43	3,8	7,96	2,11	1			
Capitophorus hippophaes (Walker, 1852)		6,67						2				1,05	4	3,33		7,58
Brevicoryne brassicae (Linnaeus, 1758)									3,16	1,9	2,65	4,21	4	8,33		3,03
Aulacorthum solani (Kaltenbach, 1843)			2,94		3,45	4,17	4,65	6	8,23	8,23	2,65	6,32	1		4,44	1,52
Aphis fabae Gruppe (siehe Brown, 1989)			5,88	19,23	3,45				,63				4			
Aphis spp. (Koch, 1857)		80	5,88	30,77	37,93	62,5	48,84	50	29,11	22,15	28,32	24,21	27	45	53,33	50
Anzahl		15	34	26	29	24	86	50	261	250	113	95	100	120	45	66

Kein Eintrag: Anzahl=0, * Schalen z.T. ausgetrocknet

Befallsflugintensität

Tab. 18: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Niedersachsen über die Vegetationsperiode 1999

Datum	10.05.	17.05.	26.05.*	31.05.	07.06.	14.06.	21.06.	28.06.	05.07.	12.07.	19.07.	26.07.	02.08.	09.08.	16.08.	23.08.
sonstige		50	17,24	4,17	37,5	8	6,25		14,15					2,27	1,77	2,9
Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)				4,17												
Rhopalosiphum insertum (Walker, 1849)			37,93	8,33		4			5,66					9,09	7,96	4,35
Phorodon cannabidis (Passerini, 1860)					6,25	12	12,5	3,57	,94					,57	,88	1,45
Nasnovia ribis-nigri (Mosley, 1841)														1,14		
Myzus persicae (Sulzer, 1776)																
Myzus myosotidis (Börner, 1950)									1,89	3,64	2,38	3,13	1,54	,57		
Monelliopsis pecanalis (Bissell, 1983)									1,89					,57		
Meogura viciae (Buckton, 1876)				8,33	6,25											
Macrosiphum euphorbiae (Thomas, 1878)		20	3,45	8,33	12,5	24	25	28,57	10,38	14,55	11,9	3,13	7,69	5,11		
Hayhurstia atriplicis (Linnaeus, 1761)			6,9	8,33	6,25									1,7	1,77	1,45
Euceraphis punctipennis (Passerini, 1860)																
Cavariella theobaldi (Gillette & Braga, 1918)												6,25				
Cavariella pastinacae (Linnaeus, 1758)																1,45
Cavariella aegopodii (Scopoli, 1783)			3,45				18,75							,57		
Capitophorus hippophaes (Walker, 1852)		20	10,34	4,17					2,83			3,13	23,08	17,61	17,7	13,04
Brevicoryne brassicae (Linnaeus, 1758)				4,17			6,25	10,71	3,77					22,73	34,51	55,07
Aulacorthum solani (Kaltenbach, 1843)		10		4,17	18,75	4			4,72					2,27		
Aphis fabae Gruppe (siehe Brown, 1989)																
Aphis spp. (Koch, 1857)			20,69	45,83	12,5	48	31,25	57,14	53,77	81,82	85,71	84,38	67,69	35,8	35,4	20,29
Anzahl		10	29	24	16	25	54	53	454	1387	3500	582	1494	411	113	69

Kein Eintrag: Anzahl=0, * Schalen z.T. ausgetrocknet

Tab. 19: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Schleswig-Holstein über die Vegetationsperiode 2001

Datum	09.05.	17.05.	23.05.	30.05.	07.06.	14.06.	21.06.	28.06.	05.07.*	13.07.	18.07.	26.07.	02.08.	09.08.	15.08.	23.08.
sonstige							11,11		23,81	30	75	27,27	14,29	21,43	18,18	3,03
Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)														3,06		
Rhopalosiphum insertum (Walker, 1849)														1,02		
Phorodon cannabidis (Passerini, 1860)																18,18
Nasnovia ribis-nigri (Mosley, 1841)								4,76								
Myzus persicae (Sulzer, 1776)																
Myzus myosotidis (Börner, 1950)																
Monelliopsis pecanis (Bissell, 1983)											12,5					
Meogura viciae (Buckton, 1876)																
Macrosiphum euphorbiae (Thomas, 1878)												18,18	76,19	46,94	9,09	
Hayhurstia atriplicis (Linnaeus, 1761)								16,67	4,76			9,09	4,76		9,09	9,09
Euceraphis punctipennis (Passerini, 1860)																
Cavariella theobaldi (Gillette & Braqua, 1918)							11,11									
Cavariella pastinacae (Linnaeus, 1758)																
Cavariella aegopodii (Scopoli, 1783)						50	55,56	33,33	4,76	20				6,12		15,15
Capitophorus hippophaes (Walker, 1852)																
Brevicoryne brassicae (Linnaeus, 1758)																9,09
Aulacorthum solani (Kaltenbach, 1843)									4,76	5						
Aphis fabae Gruppe (siehe Brown, 1989)						16,67										
Aphis spp. (Koch, 1857)						33,33	22,22	50	57,14	45	12,5	45,45	4,76	21,43	63,64	45,45
Anzahl						12	8	6	30	26	8	11	29	98	10	154

Kein Eintrag: Anzahl=0, * Schalen beschädigt oder umgerissen

Befallsflugintensität

Tab. 20: Prozentuale Artenverteilung geflügelter Blattläuse aus Gelbschalen eines Betriebes in Niedersachsen über die Vegetationsperiode 2001 (%)

Datum	09.05.	17.05.*	23.05.	30.05.	07.06.*	14.06.	21.06.	28.06.	05.07.	13.07.	18.07.	26.07.	02.08.	09.08.	15.08.	23.08.
sonstige	100	7,41	35,71	7,41	37,5	41,18	21,74	3,57	30,77	11,43	2,94	3,03	13,33		16,67	
Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)										8,57				2,86		
Rhopalosiphum insertum (Walker, 1849)																
Phorodon cannabis (Passerini, 1860)			3,57	7,41												
Nasnovia ribis-nigri (Mosley, 1841)													3,33		2,78	
Myzus persicae (Sulzer, 1776)				3,7		5,88				40				2,86	2,78	
Myzus myosotidis (Börner, 1950)			3,57							2,86						2,78
Monelliopsis pecanis (Bissell, 1983)			17,86						3,85		2,94		3,33			
Meogura viciae (Buckton, 1876)								3,57						2,86		
Macrosiphum euphorbiae (Thomas, 1878)			3,57				13,04			2,86		6,06	6,67	2,86	2,78	2,78
Hayhurstia atriplicis (Linnaeus, 1761)			10,71			5,88		3,57			2,94					
Euceraphis punctipennis (Passerini, 1860)				7,41	37,5	17,65	8,7		23,08			3,03				
Cavariella theobaldi (Gillette & Braqua, 1918)		3,7				11,76			3,85		2,94					
Cavariella pastinacae (Linnaeus, 1758)							4,35	17,86	7,69				3,33			
Cavariella aegopodii (Scopoli, 1783)				3,7		5,88		3,57	3,85							
Capitophorus hippophaes (Walker, 1852)																
Brevicoryne brassicae (Linnaeus, 1758)				37,04	12,5					20					2,78	
Aulacorthum solani (Kaltenbach, 1843)				3,7			26,09	57,14		0	5,88					
Aphis fabae Gruppe (siehe Brown, 1989)															2,78	
Aphis spp. (Koch, 1857)		88,89	25	29,63	12,5	11,76	26,09	10,71	26,92	14,29	82,35	87,88	70	88,57	69,44	94,44
Anzahl	1	55	60	54	8	20	36	67	50	35	184	170	89	400	447	921

Kein Eintrag: Anzahl=0, * Schalen beschädigt oder umgerissen

5.2 Virusbefall

Entsprechend dem mäßigen Blattlausauftreten in den Untersuchungsjahren (siehe Kap. 5.1, S. 39) war der Virusbefall insgesamt sehr gering und lag als Summe von leichtem und schweren Virusbefall im Mittel der Betriebe unter 4 %. Die schweren Viren blieben im Mittel der Betriebe unter 2,5 %. Im Jahr 1999 wurde eine Fläche wegen zu hohem Y-Virusbesatz aberkannt (Betrieb 7, siehe Abb. 37, S. 73). An allen anderen Standorten und in den zwei darauffolgenden Jahren genügten die Bestände den Anforderungen für zertifiziertes Pflanzgut.

Die Ergebnisse aus der Verrechnung für die Viren PVM, PLRV und PVX müssen als nicht hinreichend gesichert angesehen werden, da die Verteilungsannahmen der Beobachtungswerte (Normalverteilung, Varianzhomogenität) nicht erfüllt wurden, was im geringen Vorkommen infizierter Knollen (9 Fälle PVM, 11 Fälle PLRV, 10 Fälle PVX von 178 Beobachtungen) begründet ist. Das Auftreten dieser Viren beschränkt sich im Wesentlichen auf das Jahr 1999. Aus diesem Grunde werden sie in Tab. 38 in Klammern dargestellt.

Die sehr hoch signifikanten Beziehungen in den Wechselwirkungen bei PVY sind darauf zurückzuführen, dass sich jeweils nur in Niedersachsen (mit höherem Infektionsniveau) signifikant unterschiedliche Werte zeigten.

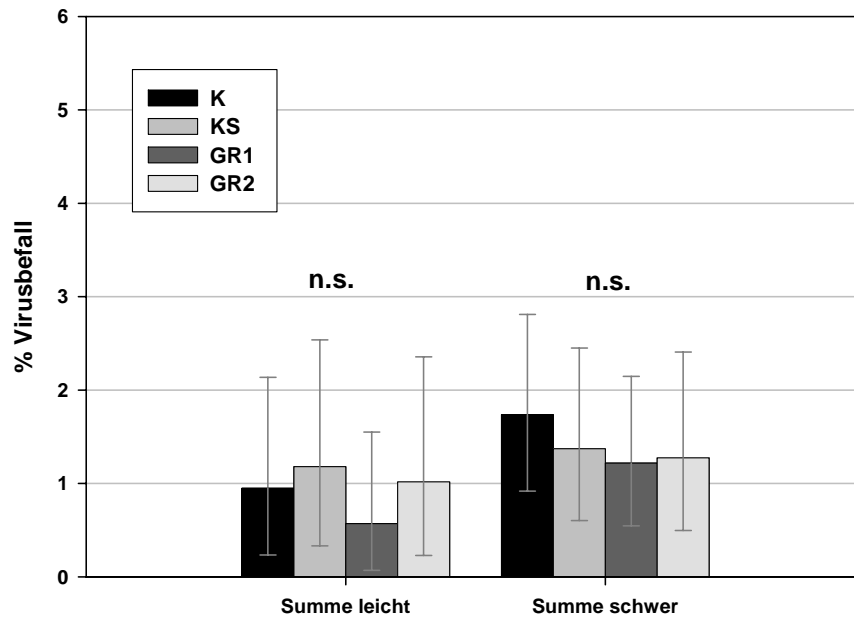


Abb. 7: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) nach Varianzanalyse (LSMEANS=least square means/Gradientenverfahren/SE=Standard error/Standard Fehler)

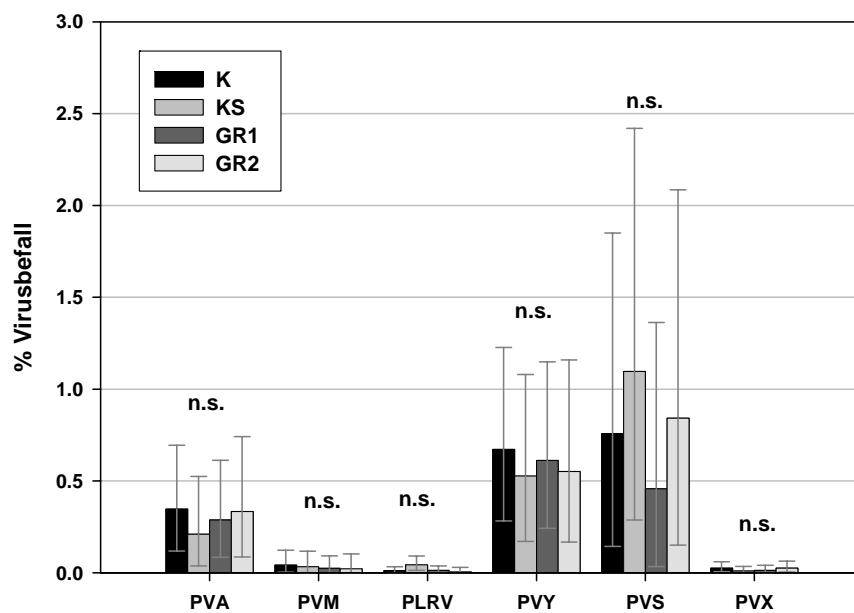


Abb. 8: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)
Varianzanalytische Verrechnung für die Viren PVM, PLRV, PVX nicht gesichert, siehe Tab. 38 (S. 126)

Im Mittel aller ausgewerteten Betriebe in den Jahren 1999 – 2001 konnte kein signifikanter Einfluss der Behandlung, d.h. keine abgesicherten Unterschiede zwischen den eingesetzten Verfahren der Krautminderung auf den Virusbesatz festgestellt werden (Tab. 38, Anhang, S. 126). Tendenziell ließ sich aber für schwere Viren bei der Variante „Grünroden früh“ (GR1) ein um 0,52 % und bei den leichten Viren ein um 0,38 % verringerter Virusbesatz im Vergleich zur Kontrolle feststellen (Abb. 7). Diese Tendenz zeigte sich auch bei der Betrachtung der einzelnen Viren zwischen den Varianten Kontrolle und frühem Grünroden (GR1), während sich Krautschlagen und spätes Grünroden (GR2) nicht immer einheitlich verhielten (Abb. 8).

Auffällig war auch, dass der S-Virusgehalt mit 0,87 % beim Krautschlagen (KS) am höchsten und in der frühen Grünrodevariante mit 0,38 % am geringsten ausfiel. Der Gehalt von PVY und PVA war in der Kontrolle (K) mit 0,67 %

und 0,39 % am höchsten, die Reduktion der Infektionen fiel bei beiden Viren beim frühen

Grünroden (GR1) mit 0,11 % und 0,14 % geringer aus, als beim Krautschlagen (KS) mit 0,20 % und 0,15 %.

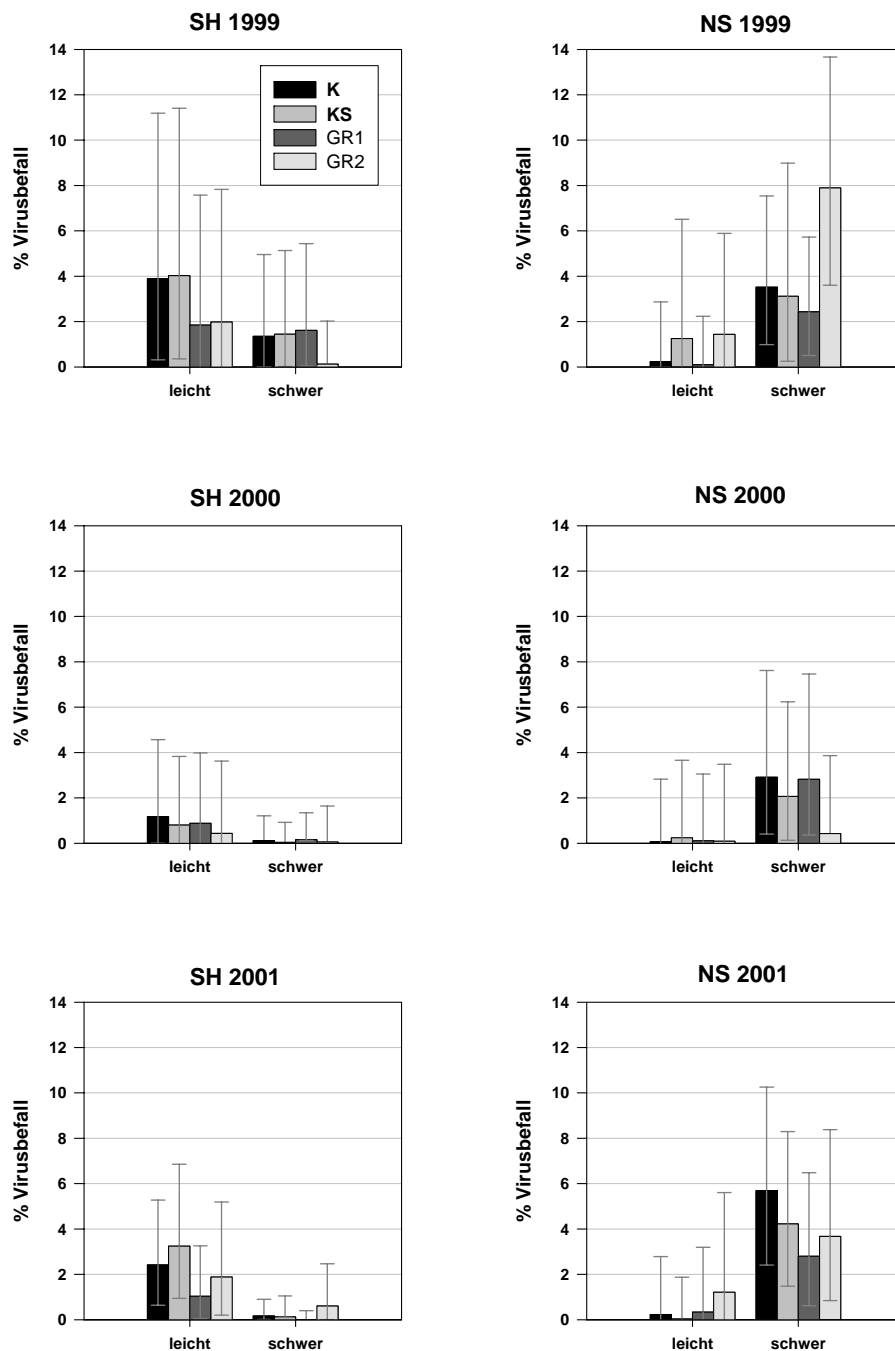


Abb. 9 zeigt die

Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Region und Behandlung in den Jahren 1999 bis 2001. Tendenziell wies in beiden Regionen (mit Ausnahme von 1999) die Gruppe mit dem stärksten Vorkommen (Schleswig-Holstein: leichtes Virus, Niedersachsen: schweres Virus) verringerte Anteile durch frühes und spätes Grünroden im Vergleich zu Kontrolle und Krautschlagen auf.

Eine Auswertung hinsichtlich der Korrelation von Blattlausauftreten nach Art und Menge und dem Virusbefall ist mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht möglich gewesen, da der Virusbefall in den Versuchsjahren zu gering war. Mittels SAS (Prozedur proc mixed) konnten keine Schätzwerte ermittelt werden.

Abb. 9: Wechselwirkung der Faktoren Region (Schleswig-Holstein (SH), Niedersachsen (NS)) und Behandlung (Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2)) in den Jahren 1999 bis 2001 nach Varianzanalyse für leichte (PVS, PVX) und schwere Viren (PVA, PVM, PLRV, PVY)(LSMEANS/SE)

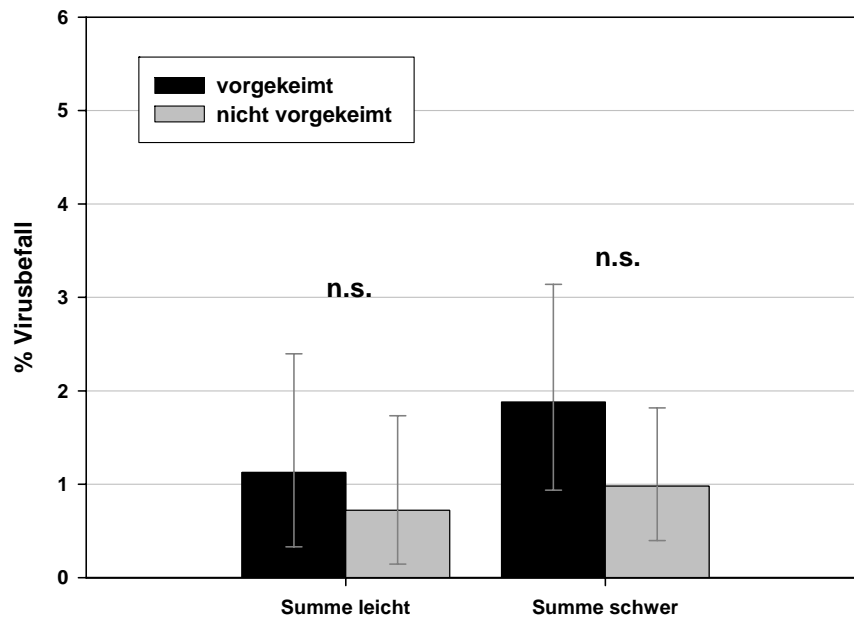


Abb. 10: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

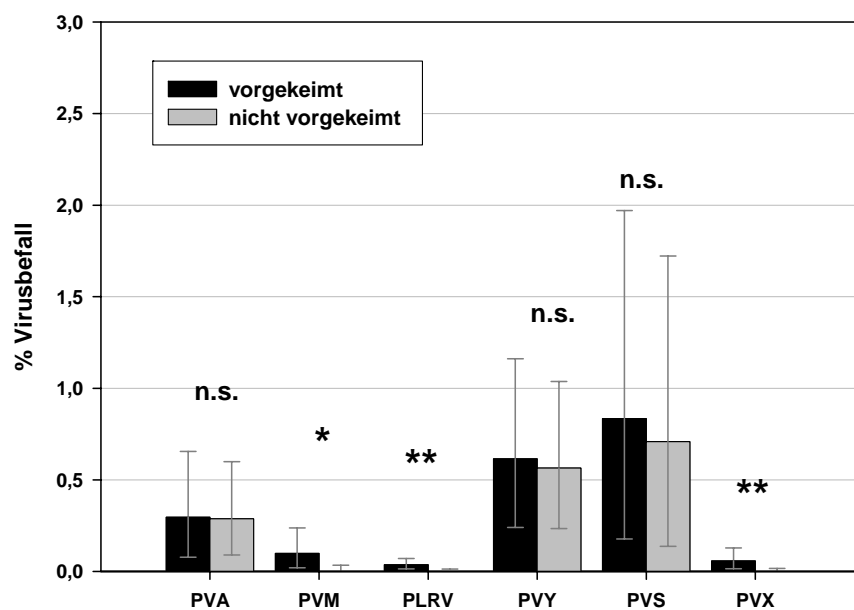


Abb. 11: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

Varianzanalytische Verrechnung für die Viren PVM, PLRV, PVX nicht gesichert, siehe Tab. 38 (Anhang, S. 126)

Es gibt keine signifikanten Unterschiede in der Verrechnung des Hauptfaktors

Pflanzgutvorbereitung (Tab. 38, Anhang, S. 126). Vorgekeimte Knollen, wiesen 0,99 % leichte und 1,43 % schwere Viren auf, während die nicht vorgekeimten Partien mit 0,60 % leichten und 1,13 % schweren Viren belastet waren (Abb. 10).

Für PVA traten annähernd gleiche Gehalte auf (vk: 0,31 %, nvk: 0,36 %). Für PVY und PVS konnten tendenziell und für PVM, PLRV und PVX signifikant geringere Anteile für die Varianten mit nicht vorgekeimtem Pflanzgut festgestellt werden, die jedoch aufgrund ihres seltenen Vorkommens als statistisch nicht gesichert angesehen werden müssen (Tab. 38, Anhang, S. 126).

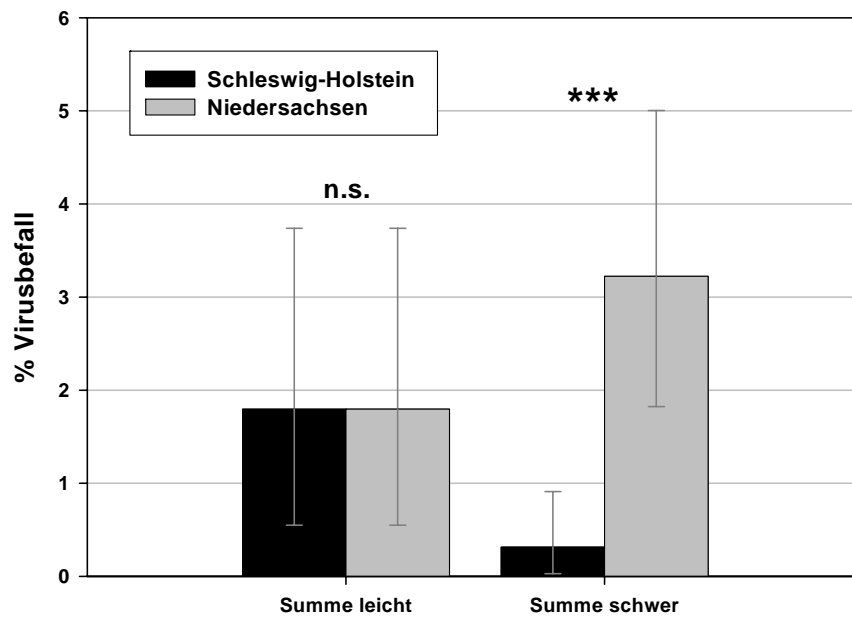


Abb. 12: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut im Mittel der untersuchten Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

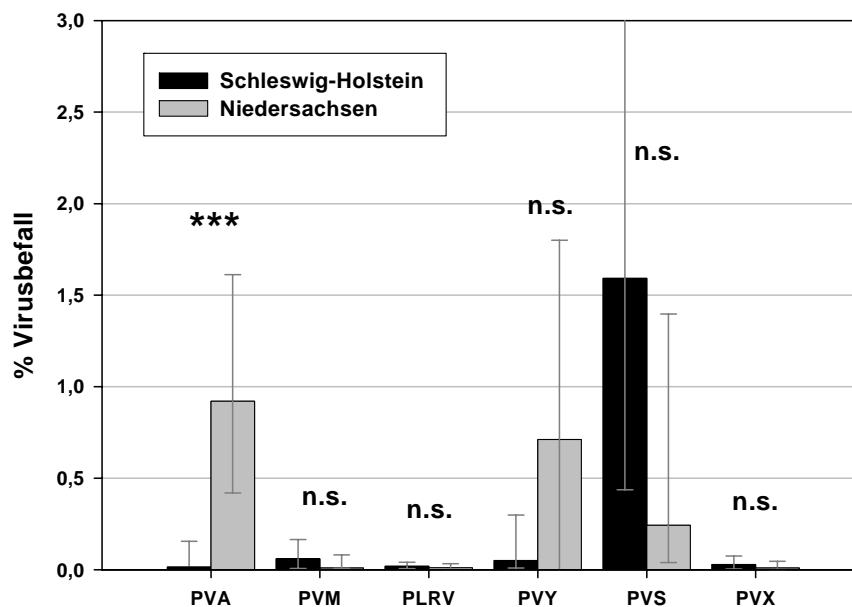


Abb. 13: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut im Mittel der untersuchten Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

Varianzanalytische Verrechnung für die Viren PVM, PLRV, PVX nicht gesichert, siehe Tab. 38 (Anhang, S. 126)

Der Faktor Region ist für die Summe schwerer Viren als sehr hoch signifikant einzustufen und für leichte Viren mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,9 behaftet. Betrachtet man die Verhältnisse der Viren zueinander (Abb. 12), so fällt auf, dass in

Schleswig-Holstein die leichten Viren (1,80 %, Niedersachsen 0,33 %) und in Niedersachsen die schweren Viren anteilig stärker vertreten waren (3,22 %, Schleswig-Holstein: 1,80 %).

In Schleswig-Holstein spielte in den Untersuchungsjahren speziell das S-Virus mit 1,60 % eine Rolle, während in Niedersachsen die schweren Viren und hier besonders das Y-Virus 0,71 % und das A-Virus mit 0,92 % nachgewiesen werden konnten (Abb. 13).

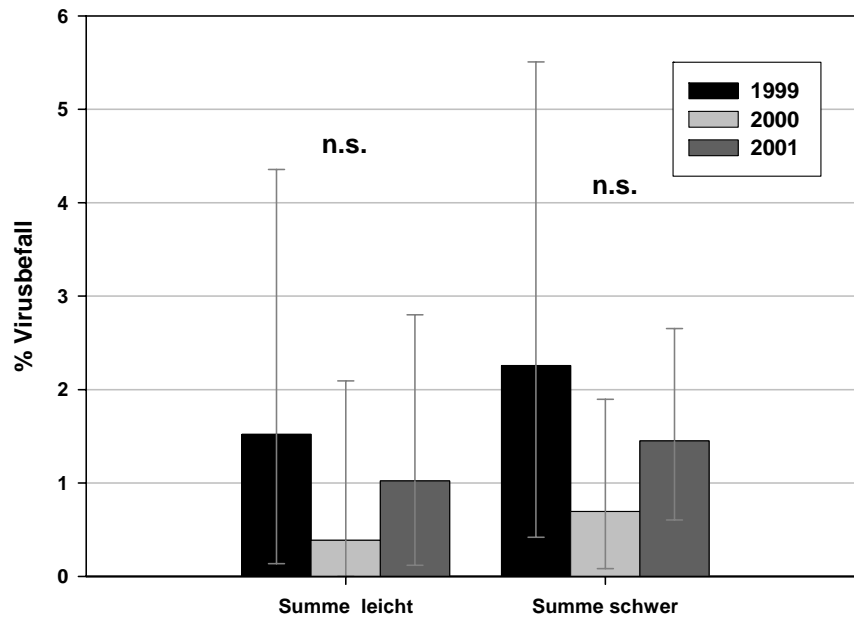


Abb. 14: Mittlere Gehalte an schweren (PVA, PVM, PLRV, PVY) und leichten (PVS, PVX) Viren im Erntegut für die Jahre 1999 -2001 nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

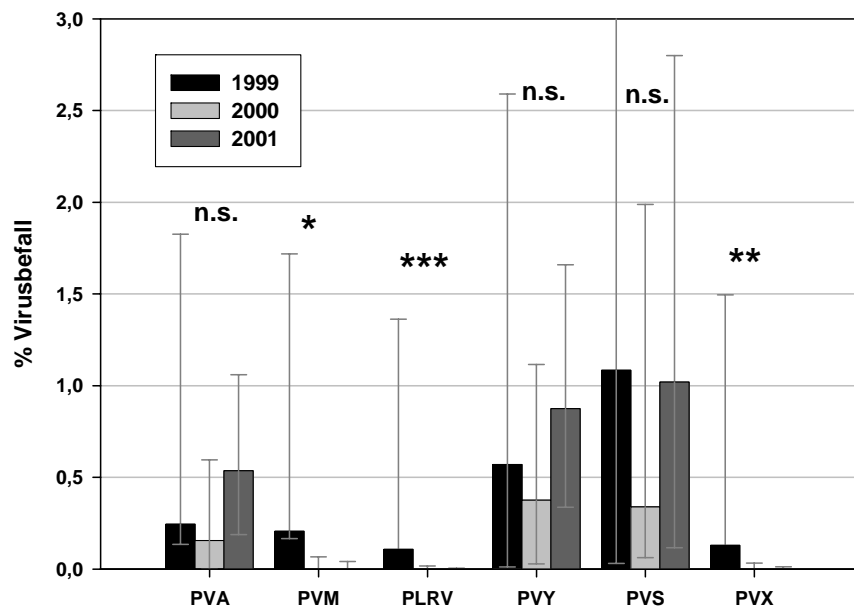


Abb. 15: Mittlere Gehalte an PVA, PVM, PLRV, PVY, PVS und PVX im Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 nach Varianzanalyse (LSMEANS/SE)

Varianzanalytische Verrechnung für die Viren PVM, PLRV, PVX nicht gesichert, siehe Tab. 38 (S. 126)

1999 unter 0,25 % in den Jahren 2000 und 2001, wie schon erwähnt, nur sporadisch nachgewiesen werden konnten (Vorkommen gerundet 0,00 %) und dessen Signifikanz aufgrund dessen als statistisch nicht gesichert angesehen werden kann.

Das Spektrum auftretender Viren beinhaltete 1999 alle 6 untersuchten Viren, während in den

Der Virusbefall war im Jahr 1999 am höchsten (leicht 1,52 %, schwer 2,26 %), während er im Jahr 2000 tendenziell die niedrigsten Werte aufwies (leicht 0,39 %, schwer 0,70 %, Abb. 14). Schwere Viren waren in allen Jahren vergleichsweise stärker vertreten als leichte Viren. Gemessen an den Grenzen für zertifiziertes Pflanzgut (max. 8 % schwere Viren bzw. max. 32 % leichte Viren) sind die Werte sehr gering.

Betrachtet man die in Abb. 15 dargestellte Verteilung der verschiedenen Viren, so wird deutlich, dass von den schweren Viren PVY die größte Bedeutung hatte (im Mittel 0,61 %) und von den leichten Viren dies für PVS zutraf (im Mittel 0,81 %). Generell überschritt kein Virus den Wert von 1,08 % (PVS 1999). PVA trat im Jahr 2001 in vergleichsweise stärkerem Maße von 0,54 % auf. Von untergeordneter Bedeutung waren PVM, PLRV und PVX, die im Jahr

Jahren 2000 und 2001 lediglich Infektionen von PVY und PVA und PVS in nennenswertem Anteil auftraten.

Zusammenfassung

Die Krautminderungsmethoden unterschieden sich nicht signifikant im Virusbefall, obwohl nach frühem Grünroden tendenziell weniger infizierte Knollen auftraten. Vorgekeimtes

Pflanzgut wies in Bezug auf PVY einen signifikant geringeren Virusbesatz auf, als nicht vorgekeimtes. In der Region Niedersachsen kommen schwere Viren sehr hoch signifikant häufiger vor als in Schleswig-Holstein. Bei geringem Virusbefall in den Jahren 1999 bis 2001 kamen Aberkennungen auf den Vermehrungsbetrieben jedoch nur im Einzelfall vor. Die häufigsten Viruserkrankungen waren PVA, PVY und PYS.

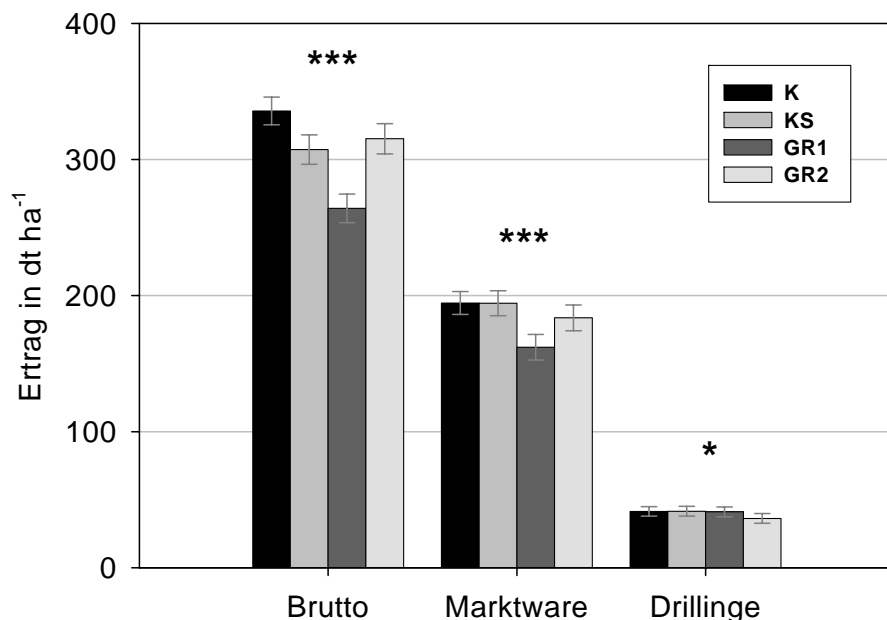


Abb. 16: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS) und frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE)

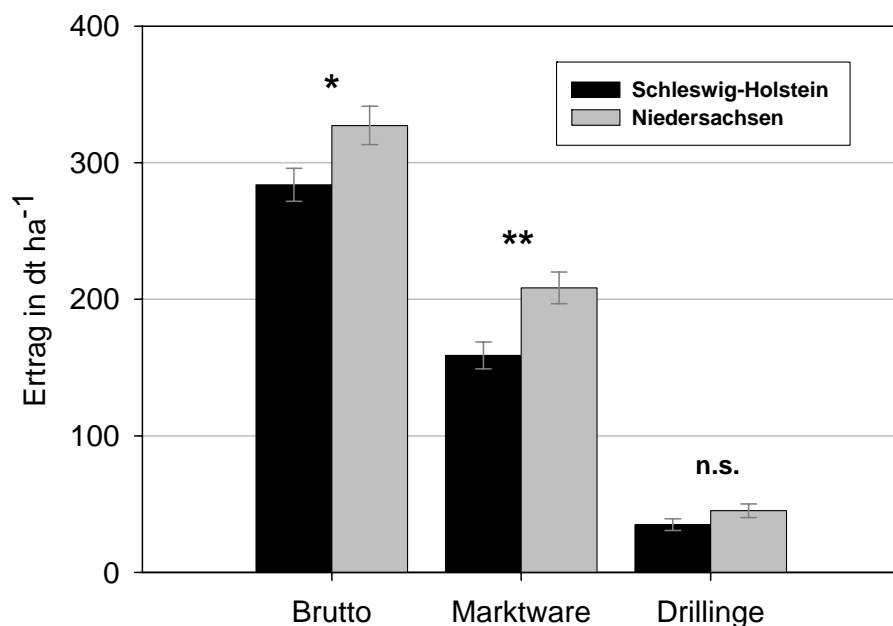


Abb. 17: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen (LSMEANS/SE)

5.3 Erträge und Sortierung

Eine Übersicht über die Signifikanzniveaus der Erträge sowie der Sortierfraktionen gibt Tab. 39 und Tab. 39 (Anhang S. 126). Es zeigten sich signifikante Effekte bei den Hauptfaktoren Region und Behandlung. Zudem traten Wechselwirkungen bei den Varianzursachen „Jahr x Region“ und „Jahr x Region x Behandlung“ auf.

Erträge und Sortierung

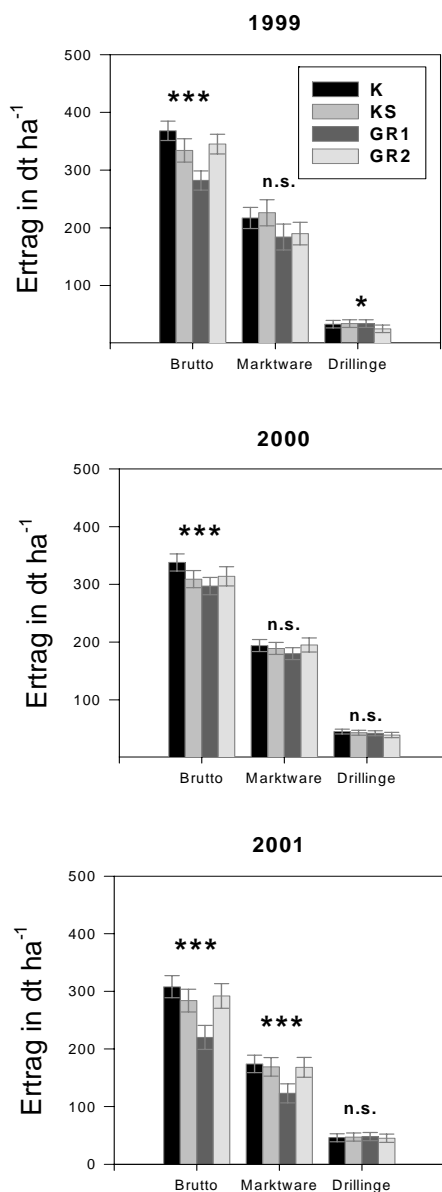


Abb. 18: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE) (Irrtumswahrscheinlichkeit $*=p<0,05$, $**=p<0,01$; $***=p<0,001$; n.s.= nicht signifikant)

Alle geprüften Verfahren der Krautminderung zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Ertragsparameter (Tab. 39, Anhang, S. 126). Besonders deutlich wurde dies bei dem Bruttoertrag als auch bei der Fraktion 35-50 mm (Marktware). Die Ertragsminderung bezogen auf den Bruttoertrag betrug im Mittel der Versuchsjahre gegenüber der nicht behandelten Kontrolle (K) beim Krautschlagen (KS) 8,6 %, beim frühen Grünroden (GR1, ca. Mitte Juli) 21,4 % und beim späten Grünroden (GR2, ca. Ende Juli) 6,3 % (Abb. 16). Wird als Bezugsgröße jedoch der vermarktungsfähige Teil an Knollen (35 bis 50 mm) bewertet, so reduziert sich der Ertragsunterschied zwischen dem frühem Grünroden und der Kontrolle auf 13,9 %. Eine nur geringe Veränderung ergibt sich dagegen für die Varianten spätes Grünroden und Krautschlagen.

Die Fraktion Drillinge ist durch spätes Grünroden tendenziell vermindert. Dieser Effekt zeigte sich signifikant jedoch nur im Jahr 1999 (Abb. 18). Zwar traten in allen drei Jahren sehr hoch signifikante Unterschiede im Bruttoertrag, im Jahr 1999 und 2001 verbunden mit signifikant vermindertem Ertrag durch frühes Gründoden im Vergleich zu allen anderen Varianten, auf, bei der Marktware zeigten sich aber nur im Jahr 2001 mit den geringsten Erträgen ein sehr hoch signifikant verminderter Ertrag durch frühes Grünroden (Abb. 18).

Die Wechselwirkung „Jahr x Region x Behandlung“ des Bruttoertrages ist in der Wechselwirkung „Jahr x Region“ begründet (Abb. 20, S.56). Der im Jahr 1999 ungewöhnlich hohe Ertrag eines Betriebes in Schleswig-Holstein führt zu dem entgegen den anderen Jahren höheren Ertrag in dieser Region.

Im Jahr 2001 traten bei den Varianten Kontrolle, Krautschlagen und spätes Grünroden in Schleswig-Holstein signifikant geringere Erträge auf als in Niedersachsen. Die Ergebnisse für die anderen Fraktionen und Jahre unterscheiden sich nicht.

Das Vorkeimen bewirkte bei allen drei Fraktionen keine signifikante Ertragssteigerung im Mittel der drei Jahre. (Tab. 39), doch zeigte sich durch Vorkeimen ein tendenziell höherer Bruttoertrag von 9 dt ha⁻¹.

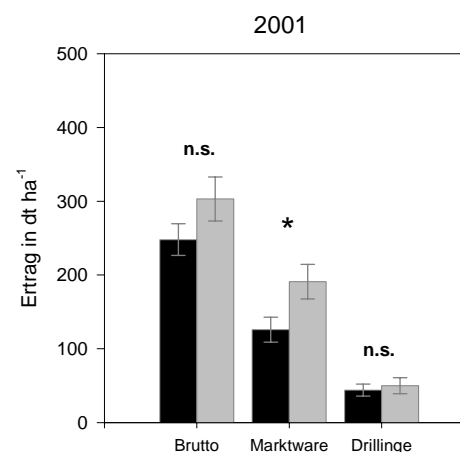
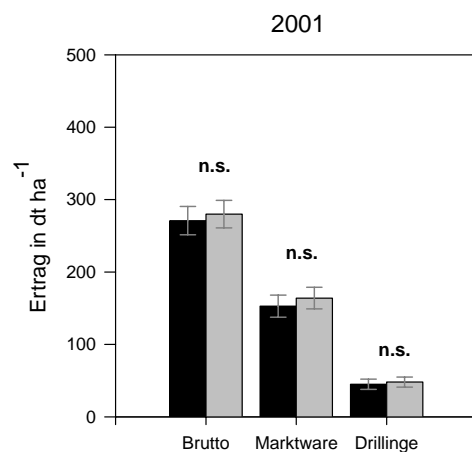
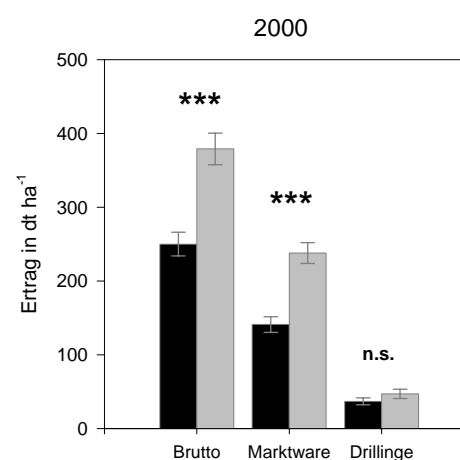
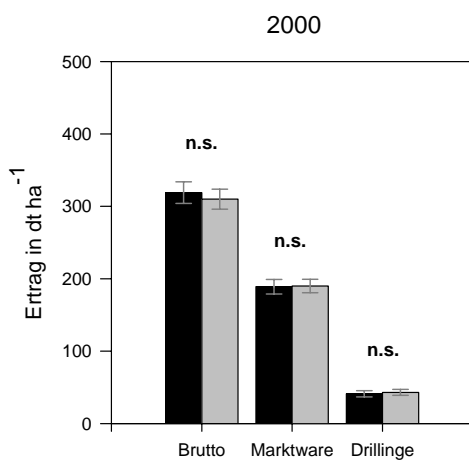
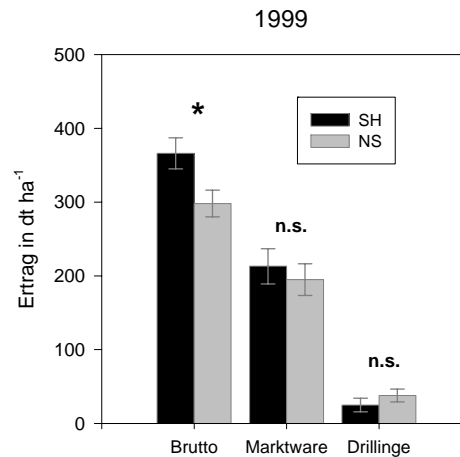
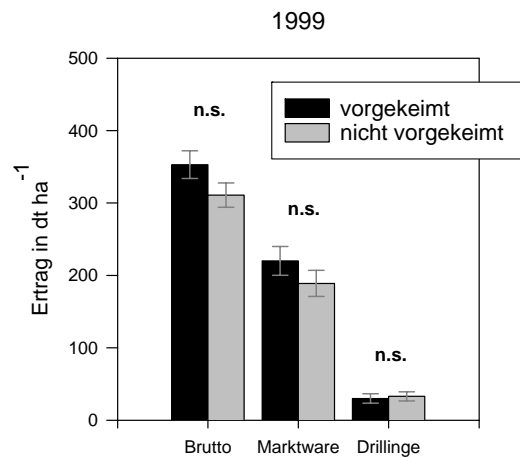


Abb. 19: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung in den Jahren 1999-2001 (LSMEANS/SE) (Irrtumswahrscheinlichkeit *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$; n.s.= nicht signifikant)

Abb. 20: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) der Jahre 1999-2001 für die Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) (LSMEANS/SE) (Irrtumswahrscheinlichkeit *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$; n.s.= nicht signifikant)

Erträge und Sortierung

Die Wirkung der Pflanzgutvorbereitung war jedoch nicht in allen Jahren gleichgerichtet (Abb. 19). 1999 wurde durch Vorkeimen ein um 42 dt ha⁻¹ höherer Bruttoertrag und ein um 31 dt ha⁻¹ höherer Marktwareertrag erreicht. Im Jahr 2000 zeigten sich kaum Unterschiede durch die Pflanzgutvorbereitung. Im Jahr 2001 lagen die Erträge des nicht vorgekeimten Pflanzgutes in der Bruttofraktion um 9 dt ha⁻¹ und bei der im Marktware um 11 dt ha⁻¹ höher als bei den vorgekeimten Knollen.

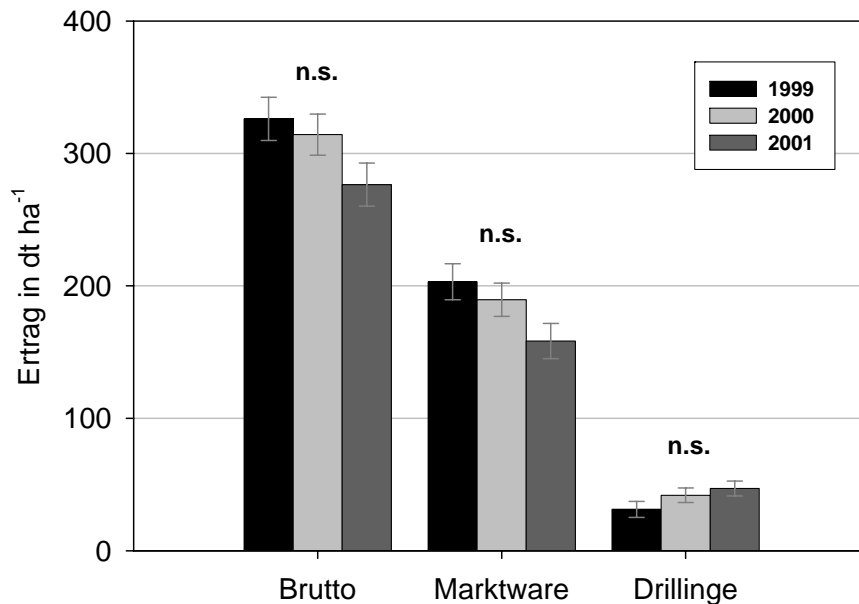


Abb. 21: Bruttoerträge, die Ertragsfraktionen Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28-35 mm) in Abhängigkeit der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)

Die Bruttoerträge zwischen den Regionen waren signifikant, die Marktwareerträge hoch signifikant voneinander verschieden. In Niedersachsen wurden höhere Erträge erzielt als in Schleswig-Holstein. Der Bruttoertrag in Niedersachsen lag mit 327 dt ha⁻¹ im Mittel der Jahre um 43 dt ha⁻¹, der Ertrag der Marktware (35-50 mm) mit 208 dt ha⁻¹ um 49 dt ha⁻¹ über dem in Schleswig-Holstein (Abb. 17).

Die signifikant bis hoch signifikanten Wechselwirkungen der Faktoren Jahr und Region bei Brutto- und Marktware zeigen, dass die Tendenz bei dem Faktor Region in den 3 Jahren nicht gleichgerichtet war (Abb. 20). So lag die Brutto- und Marktwareertragsleistung 1999 in Schleswig-Holstein im Vergleich zu den Standorten in Niedersachsen höher, für den Bruttoertrag signifikant. Im Jahr 2000 und 2001 dagegen zeigte sich ein gegenläufiges Bild.

Die Erträge waren bei allen drei Fraktionen für den Faktor Jahr nicht signifikant voneinander verschieden. Die Bruttoerträge lagen im Mittel der untersuchten Betriebe in Abhängigkeit der Jahre zwischen 276 dt ha⁻¹ und 326 dt ha⁻¹, die Fraktion 35-50 mm (Marktware) betrug 158 dt ha⁻¹ bis 203 dt ha⁻¹ (Abb. 21). Im Jahr 1999 wurden die höchsten Erträge erzielt, im Jahr 2001 die geringsten. Mit Abnahme des Brutto- und Marktwareertrages über die Jahre nimmt die Fraktion der Drillinge zu.

Zusammenfassung

Die Varianten der Krautminderung unterschieden sich sehr hoch bzw. hoch signifikant, wobei frühes Grünroden die stärksten Ertragsverluste von 7-29 % bewirkte. Vorkeimen brachte im Jahr 1999 tendenziell Mehrerträge, während im Jahr 2000 und 2001 keine Unterschiede bzw. Mindererträge zu beobachten waren. Die Bruttoerträge in Niedersachsen waren signifikant und die Marktwareerträge hoch signifikant höher. In der Wechselwirkung „Jahr innerhalb Region“ wurden Mehrerträge in Niedersachsen in den Jahren 2000 und 2001 erreicht.

5.4 Virusbefallsprognose mittels „TuberPro“

Beim Einsatz des Prognosesystems „TuberPro“ in Verbindung mit den Standortparametern der eigenen Versuchsfläche (siehe Kap. 4.5, S. 36) wurden, wie schon erwähnt, zwei Faktoren variiert. Der „site immigration factor“ (s_i) beschreibt den schlagspezifischen Befallsdruck der Versuchsfläche im Vergleich mit dem Blattlaus-Fluggeschehen am Saugfallenstandort A-schersleben (Wert 1 entspricht einem identischem Vektor-Flug-Aufkommen, Werte größer 1 höheren Zuflugraten). Mit der Variable „itDelHK“ lässt sich die Zeitspanne des Absterbens nach Krautminderung beschreiben. Dieser Parameter diente im eigenen Versuch der Simulation von Wiederaustrieb nach Krautminderung (Abb. 22).

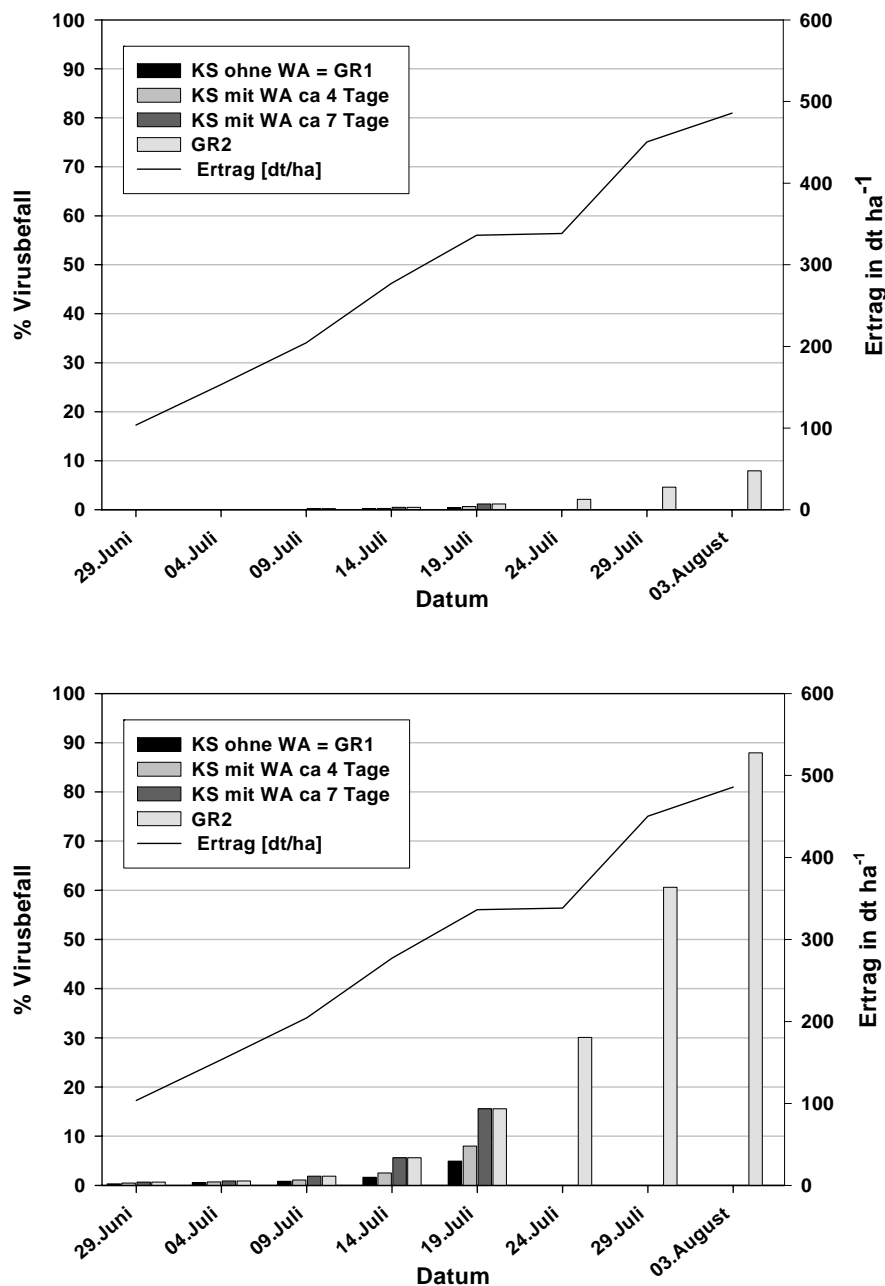


Abb. 22: Mittels „TuberPro“ prognostizierter Verlauf von Ertrag und Virusbefall unter Verwendung schlagspezifischer Parameter der Versuchsfläche 7 des Jahres 1999 unter Annahme von geringem (s_i 1, oben) und hohem (s_i 7, unten) Befallsdruck

Der erste Krautminderungstermin wurde für den 19. Juli, 90 Tage nach Pflanzung, angenommen (Krautschlagen mit und ohne Wiederaustrieb) im Vergleich zur Variante GR2, der 105 Vegetationstage bis zum 3. August zur Verfügung standen.

Abb. 22 zeigt die Berechnung des Virusbefalls und des Ertrages der Pflanzgutpartie auf der Fläche des Betriebes 7 im Jahr 1999 bei Variation des „site immigration factors“. Unter Annahme eines geringen Befallsdruckes ($s_i = 1$) waren laut Modellierung nach Krautminderung am 19. Juli und Wiederaustrieb nach 7 Tagen nur 1,16 % des Pflanzgutes krank (PVY oder PLRV) und nach 105 Tagen, was der Variante GR2 entspricht, 7,95 %.

Im Gegensatz dazu wurde ein deutlich höherer Anteil kran-

Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit

ker Pflanzen durch die Variation des „site immigration factors“ auf 7 berechnet. Ohne Wiederaustrieb konnte für die Variante ohne Wiederaustrieb am 19. Juli ein Virusbefall von 4,95 % angenommen werden, während nach 4 Tagen Wiederaustrieb 8,01 % und nach 7 Tagen 15,60 % kranke Knollen berechnet wurden. Nach spätem Grünroden am 3. August sollte laut „TuberPro“ ein Befall von 87,93 % auftreten. Der Bruttoertrag differierte zwischen beiden Terminen (19. Juli/3. August) um 150 dt (336/486) und einem mittleren täglichen Ertragswachs von 10 dt ha⁻¹.

Tab. 21: Variation des Faktors TuberInfection-DelayAfterHK (Tuber infection delay after Haulm killing) zur Simulation von Wiederaustrieb nach Krautschlagen

Variante	„itDelHK“
ohne Wiederaustrieb	20
mit Wiederaustrieb (ca. 4 Tage)	50
mit Wiederaustrieb (ca. 7 Tage)	90

Zusammenfassung

Nach Modellierung des Virusbefalls mittels „TuberPro“ und der Variation des „site immigration factors“ kann sich die Vorhersage des Virusbefalls entscheidend ändern. Unter hohem Befallsdruck und 3-tägigem Wiederaustrieb wurde ein Zuwachs von 3,06 % Virusbefall und nach 7 Tagen 10,65 %, während der Befallswert bei geringem Befallsdruck nur um maximal 0,74 % zunahm.

5.5 Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit

5.5.1 Merkmale Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindelbildung

Tab. 40 (Anhang, S. 127) zeigt die Ergebnisse der Varianzanalytischen Verrechnung der Merkmale Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen und Kindelbildung. Der Anteil an Doppelhautbildungen wurde sehr hoch signifikant durch die Behandlung, d.h. die Verfahren der Krautminderung, beeinflusst, wobei zudem signifikante Wechselwirkungen zwischen Jahr und Behandlung vorlagen. Ebenfalls wies die Behandlung einen signifikanten Einfluss auf den Anteil der grünen Knollen auf. Auch lag eine signifikante Wechselwirkung zwischen den

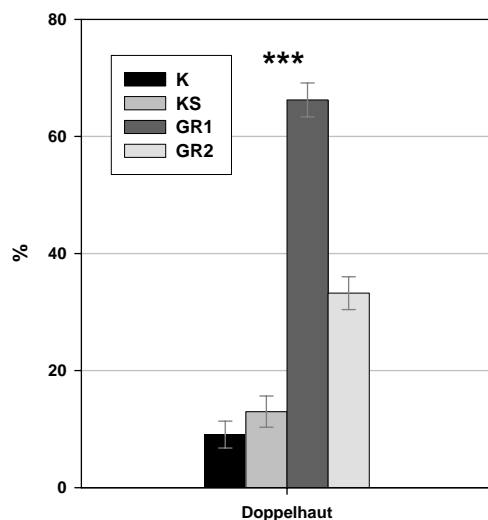


Abb. 23: Anteil der Knollen mit Doppelhautbildung incl. Abschrüfungen im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE)

Faktoren Jahr und Behandlung vor. Bei dem Anteil an Knollen mit Kindelbildung wurde lediglich ein Jahreseffekt festgestellt. Wegen nicht erfüllter statistischer Voraussetzungen (Normalverteilung, Varianzhomogenität) müssen die Ergebnisse der Varianzanalyse für das Merkmal Kindel aber als nicht gesichert betrachtet werden und sind aus diesem Grunde in Klammern dargestellt.

Die sehr hoch signifikante Wirkung der Behandlung auf den Anteil der Doppelhautbildungen basiert auf dem sehr hohen Anteil an Doppelhautbildungen im Verfahren frühes Grünroden mit 63,18 % (Abb. 23). Die Kontrollvariante und das Krautschlagen lagen auf niedrigem Niveau (K: 9,62 %, KS: 13,05 %), während sich hiervon sowohl das frühe als auch das späte Grünroden (33,25 %) signifikant abhoben.

Lag der Anteil von Knollen mit Doppelhautbildungen im Jahr 1999 beim frühen Grünroden noch bei 74,57 %, wies er im Jahr 2000 59,48 % und im Jahr 2001 64,65 % auf. Auch die durch das späte

Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit

Grünroden verursachten Doppelhautbildungen nahmen von 39,99 (1999) auf 31,33 (2000) und 28,35 % im Jahr 2001 ab. Beim Krautschlagen lag der Anteil an Doppelhautbildungen in den einzelnen Jahren relativ konstant zwischen 11,85 % und 14,35 % und damit auf vergleichbarem Niveau zu den Kontrollvarianten, die nur 1999 deutlich geringere Werte in Höhe von 4,37 % aufwiesen.

Tab. 22: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ für das Merkmal Doppelhaut (%)

	1999	2000	2001
	LSMEANS (SE)	LSMEANS (SE)	LSMEANS (SE)
K	4,37 (4,13) Aa	12,42 (3,78) Ba	10,41 (3,95) Ba
KS	12,74 (5,47) Aa	11,85 (3,90) Aa	14,35 (4,38) Aa
GR1	74,57 (5,27) Ac	59,48 (3,87) Bc	64,65 (5,71) Bc
GR2	39,99 (4,25) Ab	31,33 (4,99) ABb	28,35 (5,23) Bb

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Jahren, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Behandlungen

Tab. 22 beschreibt die Ergebnisse der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ für das Merkmal Doppelhaut (LSMEANS/SE). In allen drei Versuchsjahren wies die Behandlung keine Unterschiede zwischen den Varianten Kontrolle und Krautschlagen auf, diese unterscheiden sich aber signifikant vom frühen und späten Grünroden. Bei den Varianten Kontrolle und Grünroden gab es, abweichend vom Haupteffekt, signifikante Unterschiede zwischen dem Jahr 1999 und den Jahren 2000/2001, jedoch nicht bei der Variante Krautschlagen und nur bedingt nach spätem Grünroden.

Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit

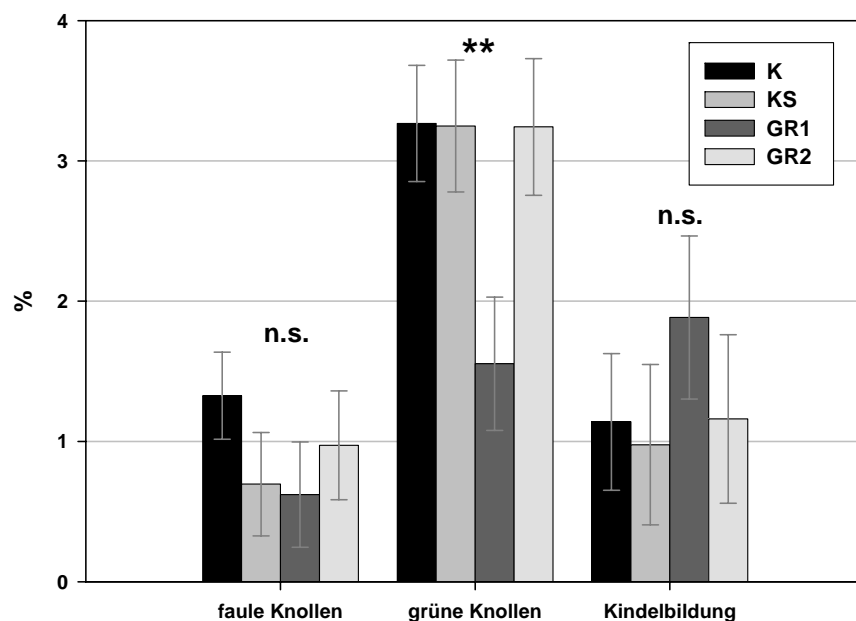


Abb. 24: Äußere Beschaffenheit des Pflanzgutes (Faule, Grüne und Kindel) im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE)

Varianzanalytische Verrechnung für das Merkmal Kindel statistisch nicht gesichert, siehe Tab. 40 (Anhang, S. 127)

Die weiteren Knollenmängel (Abb. 24) zeigten nur für den Anteil grüner Knollen einen signifikanten Einfluss der Behandlung, wobei das frühe Grünroden (GR1) mit 1,55 % den signifikant geringsten Anteil grüner Knollen aufwies. Nach spätem Grünroden war der Anteil mit 3,24 % auf vergleichbarem Niveau mit der Kontrolle und dem Krautschlagen.

Die signifikante Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ war bedingt durch das Versuchsjahr 2001, wo keine Verfahrensunterschiede

erkennbar waren, d.h. auch das frühe Grünroden hatte mit 2,91 % einen mit den übrigen Varianten vergleichbaren Wert (Tab. 23).

Tab. 23: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ für das Merkmal grüne Knollen (%)

	K	KS	GR1	GR2
1999	3,23 (0,75) Aab	4,61 (0,94) Aa	0,91 (0,91) Ab	2,56 (0,76) Ab
2000	3,60 (0,70) Aa	2,26 (0,71) Bab	0,85 (0,70) Ab	4,13 (0,86) Aa
2001	2,97 (0,71) Aa	2,88 (0,78) Ba	2,91 (0,85) Ba	3,03 (0,90) Aa

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Jahren, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Behandlungen

Die Pflanzgutvorbereitung hatte weder auf den Anteil an Doppelhautbildungen noch auf die Anteile der sonstigen Knollenmängel einen signifikanten Einfluss (vgl. Tab. 40). Der Anteil fauler Knollen war bei

den nicht vorgekeimten Partien tendenziell mit 0,95 % höher als bei den vorgekeimten mit 0,86 %.

Bei dem Anteil Knollen mit Fäulnis und Kindelbildung wurden keine statistisch gesicherten Unterschiede in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahren zur Krautminderung festgestellt. Der Anteil fauler Knollen lag mit 0,62 % nach frühem Grünroden tendenziell auf einem geringeren Niveau als die anderen Varianten (Abb. 24). Bei frühem Grünroden traten in der Tendenz mehr Knollen mit Kindelbildung auf.

Der mit 27,23 % geringere Anteil an Doppelhautbildungen in der Region Schleswig-Holstein unterscheidet sich nicht signifikant von den 33,52 % in Niedersachsen.

Die weiteren Beschaffenheitsmerkmale waren für die beiden Untersuchungsregionen eben-

falls nicht signifikant von einander verschieden. Tendenziell war der Anteil grüner Knollen in Schleswig-Holstein mit 3,27 % höher als in Niedersachsen (2,38 %), während in Niedersachsen mit 1,22 % im Vergleich zu 0,59 % tendenziell mehr faule Knollen auftraten.

Der Anteil an Doppelhautbildungen (nicht signifikant) und Abschürfungen war im ersten Untersuchungsjahr mit 32,92 % im Vergleich zu den Folgejahren (2000: 28,77 %, 2001: 29,44 %) am höchsten.

Der Anteil an faulen Knollen war in den 3 Versuchsjahren unterschiedlich hoch und lag im Mittel bei ca. 1 %. Auch der Anteil an grünen Knollen war in allen 3 Versuchsjahren konstant unter 3 %. Der Anteil an Knollen mit Kindelbildung war im Jahr 2000 mit 2,57 % höher als in den Jahren 1999 und 2001.

Zusammenfassung

Signifikante Unterschiede bei den Merkmalen der Äußeren Knollenbeschaffenheit zeigten sich nur in Bezug auf Doppelhautbildung und grüne Knollen und variierten jährlich. In Bezug auf Doppelhaut traten beim frühen Grünroden sehr hohe Werte (63,18 %) auf, während sich die Anteile fauler und grüner Knollen im Mittel unter 3 % bzw. 1 % bewegten.

5.5.2 Merkmale *Rhizoctonia solani* und *Streptomyces scabies*

An den Ernteknollen wurde der Befall durch die Schorf (*Streptomyces scabies*) und Wurzeltöter (*Rhizoctonia solani*) mittels visueller Bonitur erfasst und zu einem Index verrechnet (S. 35). Bei *S. scabies* wurde ein sehr hoch signifikanter Effekt für die Regionen und ein hoch signifikanter Effekt für die Behandlung ausgewiesen. Signifikante Unterschiede wurden bei *Rhizoctonia solani* für den Faktor Behandlung als auch für die Interaktion Jahr innerhalb Region festgestellt (Tab. 41, Anhang, S. 127). Keinen Einfluss hatten die unterschiedlichen Versuchsjahre und die Pflanzgutvorbereitung.

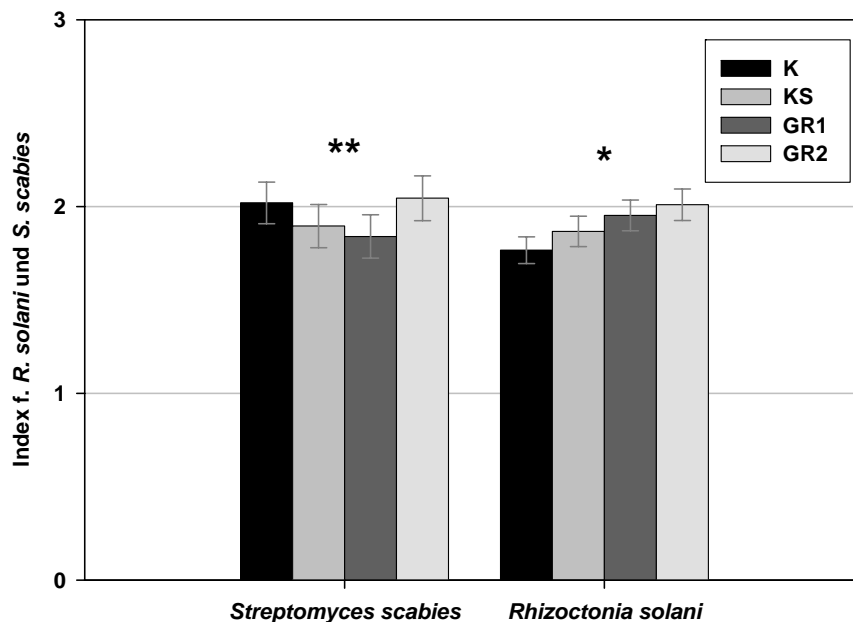


Abb. 25: Auftreten von *Streptomyces scabies* und *Rhizoctonia solani* am Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Behandlungen Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühes und spätes Grünroden (GR1, GR2) (LSMEANS/SE)

Am höchsten war der Befall mit *Streptomyces scabies*, des signifikanten Faktors Behandlung, bei der Kontrolle (Index 2,02 %) und spätem Grünroden (Index 2,04), am niedrigsten in der frühen Grünrodevariante mit 1,84 (Abb. 25). Kontrolle und frühes Grünroden unterschieden sich signifikant, ebenso wie die beiden Grünrode-Varianten. In der späten Grünrodevariante lag die Befallshöhe auf vergleichbarem Niveau zur Kontrolle. Der Befall mit *R. solani*

war bei der Kontrolle am geringsten und bei den Varianten des Grünrodens höher, wobei das späte Grünroden mit 2,01 den höchsten Befallsindex aufwies. Spätes Grünroden unterschied

Merkmale der äußeren Knollenbeschaffenheit

sich signifikant von der Kontrolle.

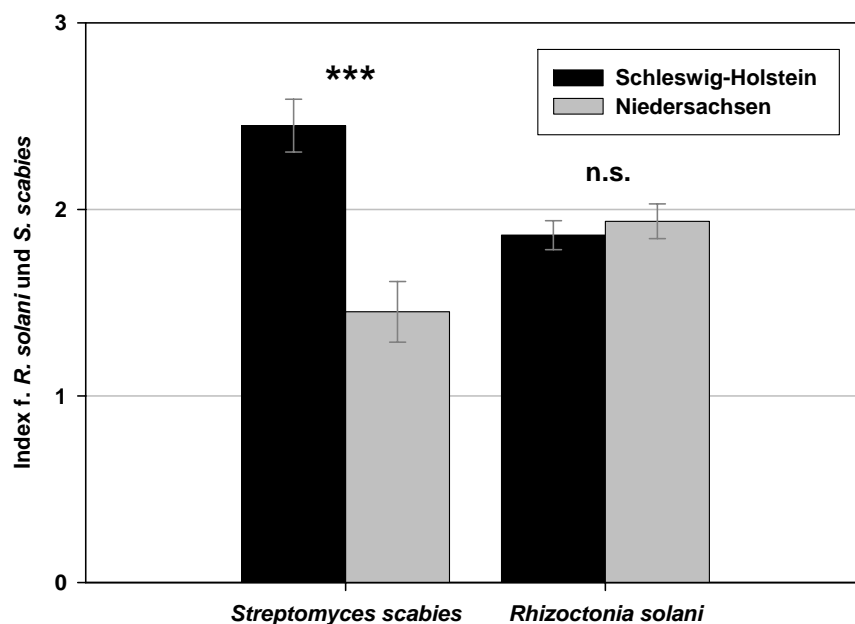


Abb. 26: Auftreten von *Streptomyces scabies* und *Rhizoctonia solani* am Erntegut im Mittel der Jahre 1999-2001 für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen (LSMEANS/SE)

nicht signifikant verschieden und mit einem Index von 1,86 bis 1,94 auf vergleichbarem Niveau.

Tab. 24: LSMEANS und SE der signifikanten Wechselwirkung „Jahr x Region“ für das Merkmal *Rhizoctonia solani* (Index) der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)

	Schleswig-Holstein	Niedersachsen
1999	1,72 (0,16) Aa	1,81 (0,14) Aa
2000	1,63 (0,12) Aa	2,09 (0,16) Ab
2001	2,23 (0,12) Bb	1,91 (0,18) Aa

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Jahren, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Regionen

den höchsten Index von 2,16 auf, während im Jahr 2001 mit 1,76 der geringste Befall nachgewiesen wurde. Der Befall mit *R. solani* verhielt sich tendenziell gegensätzlich, mit einem Index von 2,07 im Jahr 2001.

Zusammenfassung

Der stärkste Befall von Kartoffelschorf (*S. scabies*) wurde bei der Kontrolle bonitiert, während nach frühem Grünroden der geringste Befall auftrat. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen Kontrolle und frühem Grünroden, sowie zwischen frühem und spätem Grünroden. Bei den Knollen der in Schleswig-Holstein gelegenen Versuchsflächen trat Kartoffelschorf in hoch signifikant stärkerem Maße auf. Nach beiden Varianten des Grünrodens trat, entgegen den Ergebnissen von *S. scabies*, signifikant stärkerer Befall von *R. solani* an den Knollen auf

Für das Merkmal Pflanzgutvorbereitung zeigten sich für beide Krankheiten keine signifikanten Unterschiede. Die Indices lagen zwischen 1,86 und 1,96.

Der Befall mit *S. scabies* am Erntegut der Knollen war in Schleswig-Holstein mit einem Index von 2,45 deutlich höher als in Niedersachsen mit 1,45 (Abb. 26). Die Unterschiede zwischen den Regionen waren sehr hoch signifikant. Der Befall mit *R. solani* war in beiden Regionen

Zwischen den Faktoren Jahr und Region trat für *R. solani* eine signifikante Wechselwirkung auf. Während im Jahr 1999 mit einem Indexwert von 1,81 und 1,72 keine signifikanten Unterschiede im Rhizoctonia-Befall zwischen den Regionen auftraten, war diese Krankheit im Jahr 2000 mit einem Index von 2,09 in Niedersachsen und im Jahr 2001 in Schleswig-Holstein mit einem Index von 2,23 signifikant stärker vertreten (Tab. 24). Der Faktor Jahr wies keine Signifikanzen auf. Das Jahr 1999 wies für *S. scabies* tendenziell

Merkmale der inneren Knollenbeschaffenheit

und bei der Kontrolle der geringste. Spätes Grünroden unterschied sich signifikant von der Kontrolle. Das Auftreten der durch die Wurzeltötter-Krankheit (*R. solani*) verursachten Sklerotien verhielt sich in den einzelnen Jahren und Regionen sehr unterschiedlich und teilweise gegenläufig.

5.6 Merkmale der inneren Knollenbeschaffenheit

5.6.1 Keimfähigkeit

Die Ernteknollen aus dem Versuchsjahr 1999 und 2000 wurden nach der Lagerung im Winter auf ihre Keimfähigkeit geprüft. Es wurden Knollen der Varianten Kontrolle und frühes Grün-

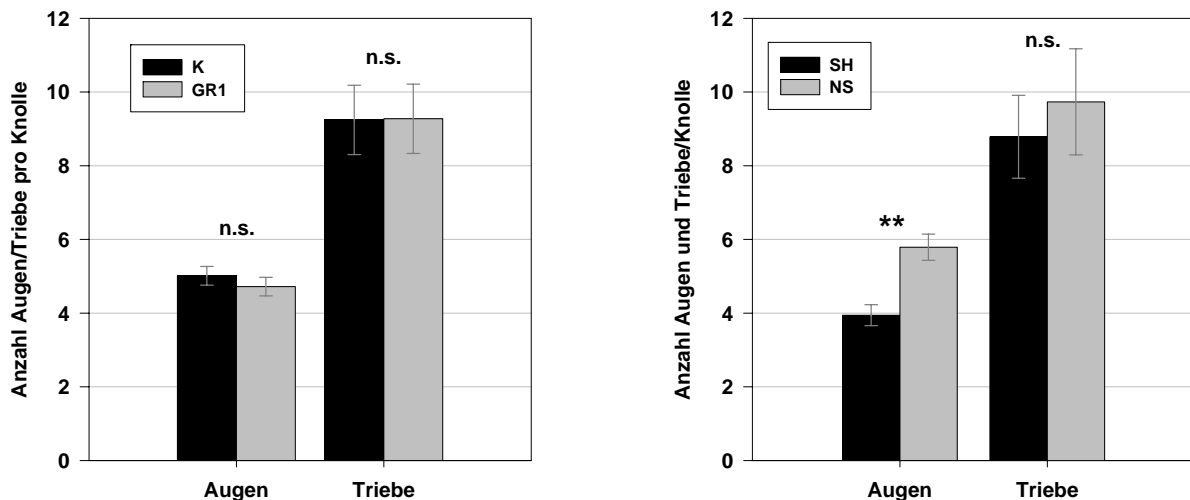


Abb. 27: Keimfähigkeit (Anzahl der Augen und Triebe/Knolle) des Kartoffelpflanzgutes der Behandlungen Kontrolle (K) und frühes Grünroden (GR1), sowie der Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) (LSMEANS/SE)

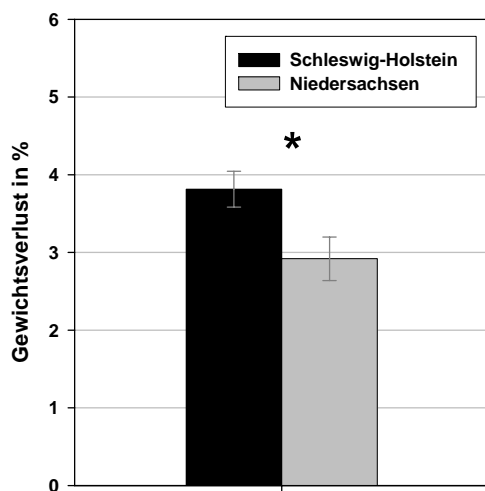


Abb. 28: Gewichtsverluste während der Lagerung des Pflanzgutes (%) nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

roden ausgewählt. Die Prüfung auf Keimfähigkeit wurde auf dem Versuchsgut Lindhof in gleicher Weise durchgeführt wie das Vorkeimen des Pflanzgutes für die Feldversuche.

Weder die Anzahl der ausgetriebenen Augen, noch die Anzahl der Triebe unterschieden sich zwischen den Knollen aus der Variante Kontrolle und des frühen Grünrodens signifikant (Abb. 27). Die Knollen aus den Versuchen aus Niedersachsen wiesen hoch signifikant mehr ausgetriebene Augen auf, während die Anzahl der Triebe keine Signifikanzen aufwies.

5.6.2 Lagerstabilität

Die Untersuchungen zur Lagerstabilität wurden an der KTBL-Versuchsstation Dethlingen an ausgewählten Proben der Varianten Kontrolle und frühem Grünroden durchgeführt.

Die Varianzanalyse der Faktoren der Lagerstabilität ergab nur sehr wenige signifikante Unterschiede. Betrachtet wurden die Parameter Keimung, Trockenfäule, Nassfäule, Gesamtverluste und der Rhizoctonia-Befallswert zur Ein- und Auslage-

Merkmale der inneren Knollenbeschaffenheit

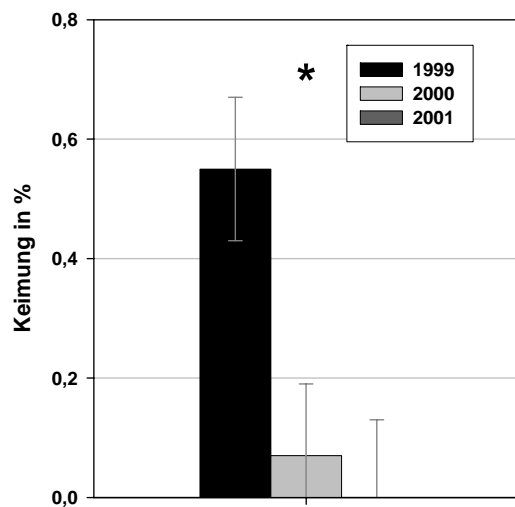


Abb. 30: Merkmale der Lagerstabilität (Keimung) des Pflanzgutes nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Untersuchungsjahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)

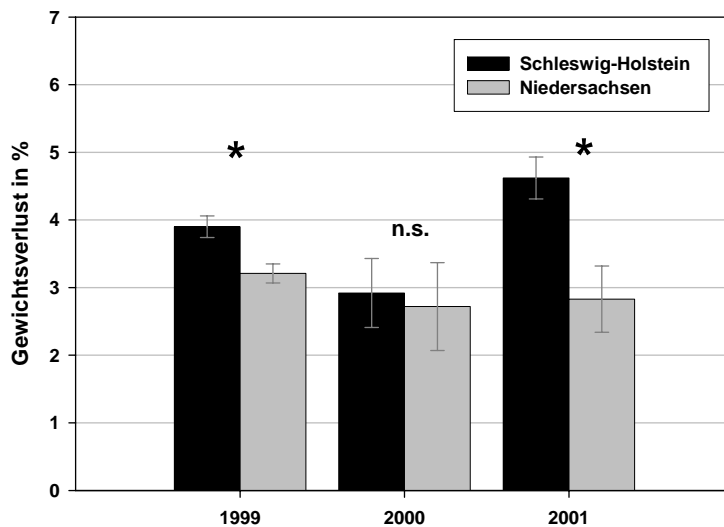


Abb. 29: Gewichtsverluste während der Lagerung des Pflanzgutes (%) nach Varianzanalyse in Abhängigkeit der Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999-2001 (LSMEANS/SE)

den Faktor Keimung ergab mit 0,55 % einen signifikanten Unterschied zwischen dem Jahr 1999 und den Jahren 2000 und 2001 (0,07; 0,00) (Abb. 30).

Zusammenfassung

Zwischen den Versuchsfaktoren traten nur wenig signifikante Unterschiede auf. In Schleswig-Holstein wurden mit 3,81 % signifikant höhere Gewichtsverluste bonitiert. Der Anteil gekeimter Knollen bei der Auslagerung war bei der Ernte aus der Vegetationsperiode 1999 mit 0,55 % am höchsten.

Der Einfluss des Jahres ergab signifikante Unterschiede bei der Keimung, während sich die Gewichtsverluste zwischen den Regionen signifikant unterschieden.

Für die anderen Versuchsfaktoren zeigten sich die im Folgenden beschriebenen Tendenzen. Der Befall mit Trocken- und Nassfäule lag während der gesamten Versuchsperiode deutlich unter 1 %. Im Jahr 2000 trat mehr Nassfäule auf, während im Jahr 2001 mehr trockenfaule Knollen zu verzeichnen waren. Die Gesamtverluste fielen in Niedersachsen im Mittel geringer aus als in Schleswig-Holstein (3,7 % im Vergleich zu 4,8 %). Nach frühem Grünroden traten mit 4,5 % im Vergleich zur Kontrolle (4,0 %) ebenfalls höhere Gesamtverluste auf. Der Rhizoctonia-Befallswert nahm im Laufe der Lagerung zu. Im Jahr 2001 trat ein vergleichsweise höherer Befall mit dieser Krankheit auf.

Die Gewichtsverluste während der Lagerungsperiode lagen im Mittel der Betriebe in allen 3 Untersuchungsjahren auf vergleichbarem Niveau und wiesen Werte von 2,5 – 4,5 % aus (Abb. 29, S. 65). Zum Teil wurden jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den Betrieben festgestellt, wobei nicht zwischen Sorten- und Standorteffekt differenziert werden konnte.

Am Erntegut aus der Region Schleswig Holstein traten mit 3,81 % signifikant höhere Gewichtsverluste auf, als in der Region Niedersachsen mit 2,92 % (Abb. 28). In Schleswig-Holstein lassen sich zudem größere Schwankungen der Verluste zwischen den Jahren beobachten. Die Varianzanalyse für

5.7 Wiederaustrieb

Das Ausmaß des Wiederaustriebs nach Krautschlagen war in den betrachteten Jahren sehr unterschiedlich (Tab. 25, S. 67). In 42 % der untersuchten Fälle konnte Wiederaustrieb beobachtet werden. Während im Jahr 1999 auf zwei niedersächsischen und zwei schleswig-holsteinischen Betriebsflächen Wiederaustrieb auftrat, war dieser im Versuchsjahr 2000 nur auf zwei Versuchsflächen in Schleswig-Holstein, bzw. im Jahr 2001 auf jeweils einer Versuchsfläche in Schleswig-Holstein und einer in Niedersachsen zu beobachten.



Abb. 31: Wiederaustrieb der Sorte Linda auf Betrieb Nr. 5 im Jahr 1999



Abb. 32: Wiederaustrieb der Sorte Simone auf Betrieb Nr. 4 im Jahr 2001

Die Varianzanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren (Abb. 33, S. 67). Tendenziell hat vorgekeimtes Pflanzgut jedoch mit 10,4 % eine um 0,66 % geringere Neigung zum Wiederaustrieb, was auch für die Jahre 1999 und 2000 zutrifft. Der geschätzte mittlere Anteil wiederausgetriebener Pflanzen lag in Schleswig-Holstein mit 11,24 % tendenziell höher als in Niedersachsen mit 9,96 %.

Am deutlichsten, aber nicht signifikant waren die Unterschiede zwischen den Jahren. 1999 wurde ein vergleichsweise hoher Anteil wiederausgetriebener Pflanzen von 21,13 % bonitiert, während er in den beiden anderen Jahren nur 1,8 % bzw. 8,88 % erreichte (Abb. 33).

Nmin-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Tab. 25: Wiederaustrieb nach Krautschlagen an den Versuchsstandorten in Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999-2001 in Abhängigkeit der Pflanzgutvorbereitung

Standort Nr.	Region	Pflanzgutvorbereitung	1999 %	2000 %	2001 %
1	SH	vk	10	5	0
		nvk	35	10	0
2	SH	vk	0	0	0
		nvk	0	0	0
3	SH	vk	35	0	0
		nvk	50	0	0
4	SH	vk	n.d.*	8	75
		nvk	0	13	45
9	SH	vk	n.d.	0	0
		nvk	n.d.	0	0
5	NS	vk	63	0	0
		nvk	85	0	0
6	NS	vk	30	0	10
		nvk	35	0	13
7	NS	vk	0	n.d.	n.d.
		nvk	0	0	n.d.
8	NS	vk	0	n.d.	n.d.
		nvk	0	n.d.	n.d.

*: n.d.: nicht durchgeführt

Mit einer Ausnahme (Betrieb 7, 2001) war der Wiederaustrieb in den nicht vorgekeimten Parzellen (35,75 %) tendenziell deutlicher ausgeprägt als in den vorgekeimten Parzellen (29,50 %) (Tab. 25). In Jahren, in denen die Unterschiede der Pflanzgutvorbereitung deutlich messbar waren (1999, 2000), zeichneten sich auch tendenzielle Unterschiede in der Anzahl wiederausgetriebener Pflanzen ab. In der Summe aller Jahre und Betriebe konnte zu 34 % nach Krautschlagen Wiederaustrieb beobachtet werden.

Zusammenfassung

Nach varianzanalytischer Verrechnung unterschied sich keiner der Versuchsfaktoren signifikant von den anderen. Im Jahr 1999 trat Wiederaustrieb besonders häufig auf (21 % der Versuchsflächen). Tendenziell zeigten die vorgekeimten Partien eine geringere Neigung zu Wiederaustrieb.

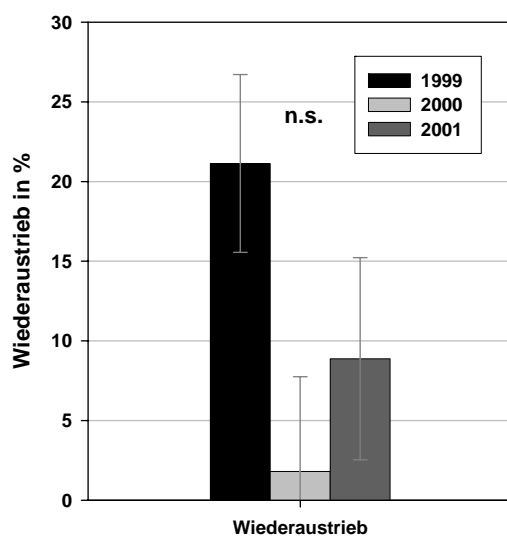


Abb. 33: Prozentualer Wiederaustrieb nach Krautschlagen in Abhängigkeit der Jahre 1999-2001 (LSMEANS/SE)

5.8 N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

In den Jahren 1999 und 2000 wurden nach der Ernte, von Ende August bis Mitte April, Proben in den nicht vorgekeimten Parzellen der Varianten Kontrolle und frühes Grünroden genommen und varianzanalytisch mittels Zeitreihenanalyse (Tab. 44, Anhang, S. 129) ausgewertet.

Die Faktoren Termin und Behandlung waren für alle 3 Tiefen und die Summe 0-90 cm signifikant bis überwiegend sehr hoch signifikant (Tab. 44, S. 129). Der Faktor Jahr zeigte nur in der Tiefe 0-30 cm signifikante Effekte, während sich der Faktor Region in allen drei Tiefen und der Summe 0-90 cm als nicht signifikant erwies. Zudem traten in der Tiefe 0-30 cm einige Wechselwirkungen auf (Termin x Jahr, Termin x Behandlung, Jahr x Region, Jahr x Region x Termin), die im Folgenden noch näher dargestellt werden.

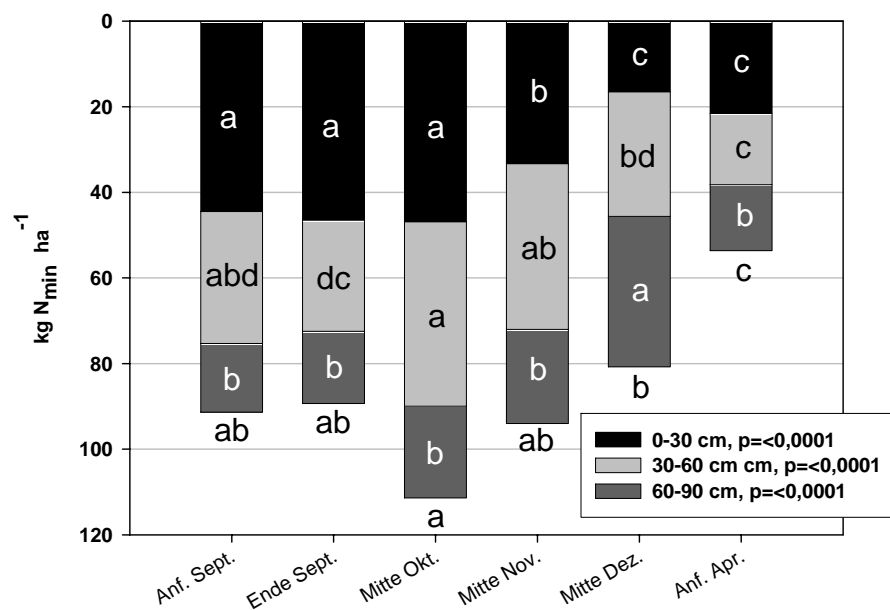
N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Abb. 34: Zeitreihenanalyse der N_{min}-Gehalte im Bodenprofil im Mittel aller geprüften Varianten (kg ha⁻¹) für den Zeitraum von Anfang September bis Anfang April (LSMEANS/SE)

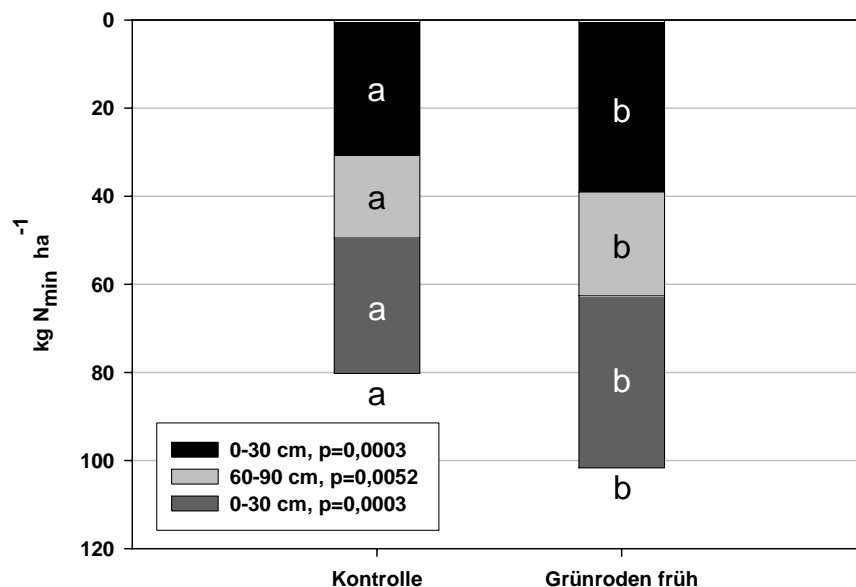


Abb. 35: Zeitreihenanalyse der N_{min}-Gehalte im Bodenprofil (kg ha⁻¹) in Abhängigkeit der Varianten Kontrolle und Grünroden früh (LSMEANS)

zember auf 35 kg N_{min} ha⁻¹ gefolgt von einer signifikanten Abnahme bis auf 15 kg N_{min} ha⁻¹ im April statt. Der maximale N_{min}-Gehalt in der gesamten Beprobungstiefe von 0-90 cm war Mitte Oktober mit 109 kg N_{min} ha⁻¹ zu verzeichnen. Im weiteren Verlauf nahm der N_{min}-Gehalt tendenziell bis Mitte November auf 94 kg N_{min} ha⁻¹ und von Mitte Dezember signifikant von 80 kg N_{min} ha⁻¹ bis Anfang April auf 53 kg N_{min} ha⁻¹ ab.

Die Behandlung bewirkte in allen drei Beprobungs-Tiefen und in der Summe 0-90 cm einen

Für die Summe 0-90 cm war zudem die Wechselwirkung „Termin x Behandlung“ signifikant.

Im N_{min}-Verlauf (Faktor Termin) im Zeitraum von Anfang September bis Anfang April ließ sich in allen drei Tiefen tendenziell, jeweils zeitlich versetzt, zunächst eine Anreicherung von N_{min} und im Weiteren eine Abnahme der Gehalte beobachten (Abb. 34). Ab Mitte Oktober nimmt der N_{min}-Gehalt von 47 kg N_{min} ha⁻¹ in der Tiefe 0-30 cm signifikant bis Mitte Dezember auf 17 kg N_{min} ha⁻¹ ab. Auch in der Bodentiefe 30-60 cm folgte auf eine signifikante Zunahme von 26 kg N_{min} ha⁻¹ im September bis auf 43 kg N_{min} ha⁻¹ im Oktober eine signifikante Abnahme von Mitte Dezember bis Anfang April. In der Tiefe 60-90 cm fand nach einer langsamen tendenziellen Zunahme des N_{min}-Gehaltes bis in den November eine signifikante Zunahme bis Mitte De-

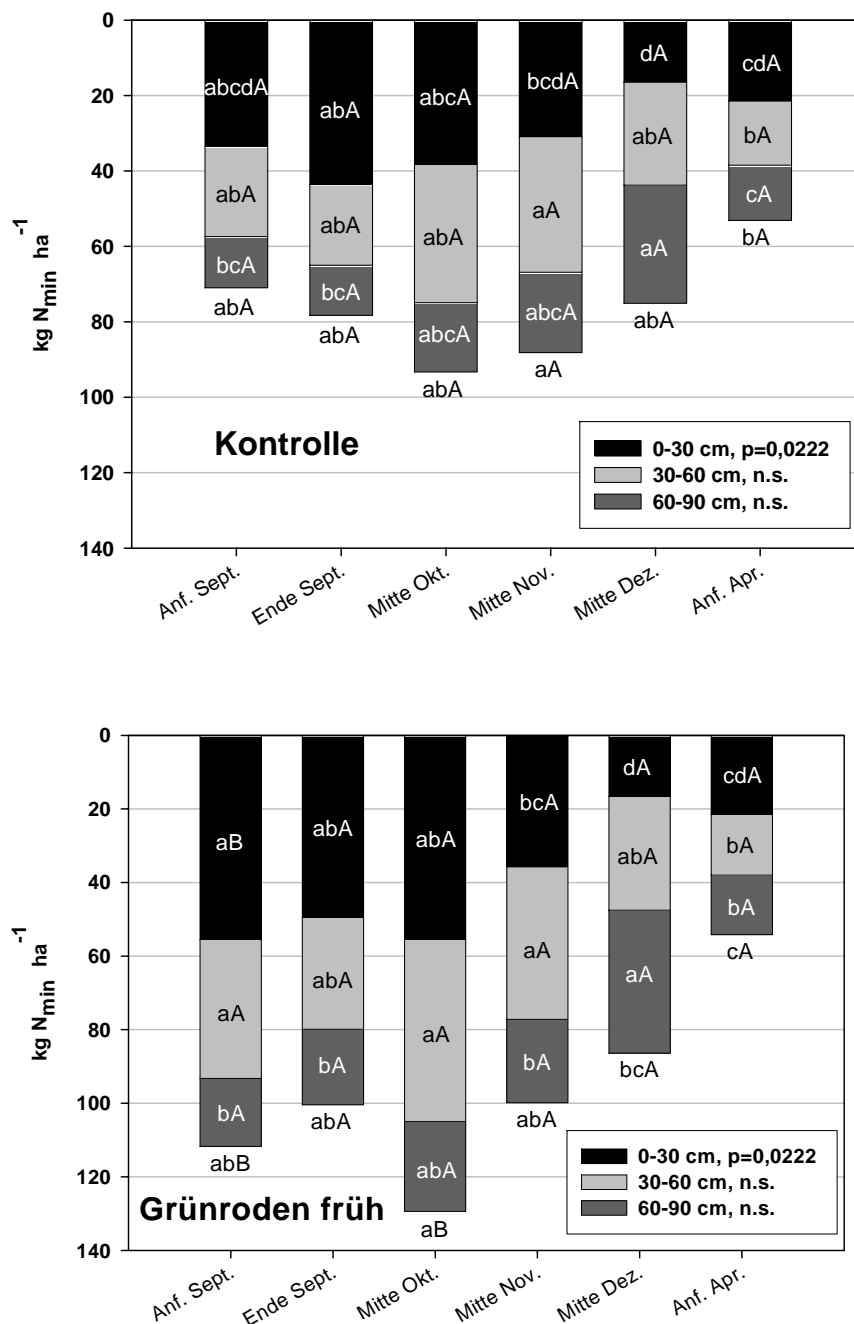
N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Abb. 36: Zeitreihenanalyse der N_{min}-Gehalte im Bodenprofil (kg/ha) in Abhängigkeit der Varianten Kontrolle und Grünroden früh für den Zeitraum von Anfang September bis Anfang April (LSMEANS)

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Behandlungen, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Terminen

Die Differenz betrug bei der Kontrolle 45 kg N_{min} ha⁻¹ und nach frühem Grünroden 75 kg N_{min} ha⁻¹. Anfang April traten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Behandlungen auf und der mittlere N_{min}-Gehalt von 0-90 cm betrug 53 kg/ha.

hoch bis sehr hoch signifikant höheren N_{min}-Wert nach frühem Grünroden (Abb. 35). Am deutlichsten trat dieser in den Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm mit einer Differenz von 8 und 7 kg N_{min} ha⁻¹ auf. Im Gesamtprofil (0-90 cm) betrug der Unterschied im Mittel 21 kg/ha.

Die Wechselwirkung „Behandlung x Termin“ ist nur für die Tiefe 0-30 cm und in der Summe 0-90 cm signifikant. (Abb. 36).

Nach frühem Grünroden tritt in der Tiefe 0-90 cm bereits Anf. September ein N_{min}-Gehalt von 111 kg N_{min} ha⁻¹ auf, während in der Kontrollvariante nur 71 kg N_{min} ha⁻¹ vorlagen. Zum maximalen N_{min}-Gehalt Mitte Oktober beträgt die Differenz zwischen beiden Varianten noch 35 kg.

Von Mitte November bis Mitte Dezember fand in beiden Varianten eine signifikante bzw. eine tendenzielle Abnahme des N_{min}-Gehaltes in der Tiefe 0-30 cm statt. In beiden Varianten nahm der N_{min}-Gehalt (0-90 cm) ab Mitte Oktober kontinuierlich bis zum April ab. Die Differenz

N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Der Faktor Region war über alle drei Tiefen nicht signifikant. In der Tiefe 0-30 cm der niedersächsischen Versuchsflächen lag der N_{min}-Gehalt tendenziell um 16 kg/ha höher als bei denen in Schleswig-Holstein. Gesamt N_{min}-Werte im Beprobungs-Bereich von 0 bis 90 cm lagen in Schleswig Holstein bei 86 kg N_{min} ha⁻¹ und in Niedersachsen bei 88 kg N_{min} ha⁻¹.

Tab. 26: Zeitreihenanalyse der N_{min}-Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm nach dem Anbau von Pflanzkartoffeln für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen und die Jahre 1999 und 2000 (LSMEANS/SE)

	1999 0-30 cm	2000 0-30 cm
Region	Nmin kg/ha	Nmin kg/ha
Schleswig-Holstein	31,89 (3,24) A	31,36 (2,97) A
Niedersachsen	47,48 (3,56) B	28,92 (4,01) A

Tab. 27: Zeitreihenanalyse der N_{min}-Gehalte in der Bodentiefe 0-30 cm für den Zeitraum Anfang September bis Anfang April für die Jahre 1999 und 2000 (LSMEANS/SE)

	1999	2000
Termin	Nmin kg/ha	Nmin kg/ha
Anf. Sept.	52,44 (3,96) aA	36,58 (4,52) abA
Ende Sept.	55,33 (4,10) aA	37,70 (4,09) aA
Mitte Okt.	55,94 (4,50) aA	37,93 (5,94) abA
Mitte Nov.	42,06 (4,26) aA	24,67 (4,09) abA
Mitte Dez.	13,39 (4,26) bA	19,75 (4,09) bA
Anf. Apr.	18,93 (4,26) bA	24,22 (4,09) abA

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Jahren, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Terminen

Große Buchstaben: Unterschiede zwischen den Jahren, kleine Buchstaben: Unterschiede zwischen den Terminen

Zusammenfassung

Signifikant bis sehr hoch signifikante Effekte zeigten sich beim N_{min}-Gehalt nach der Ernte bei den Faktoren Termin und Behandlung. In der Tiefe bis 90 cm fand bis Oktober ein tendenzieller Anstieg des N_{min}-Gehaltes statt, der sich bis zum April wieder reduzierte. Zeitlich versetzt nimmt der Gehalt z.T. signifikant in den oberen Tiefen ab und in den unteren Tiefen zu. Anfang April traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen auf. Nach frühem Grünroden ließen sich in der Tiefe von 0-90 cm um 21 dt ha⁻¹ höhere N_{min}-Werte finden.

In Niedersachsen traten in der Bodentiefe 0-30 cm nur im Jahr 1999 signifikant höhere Messwerte auf (Tab. 26). Hier wurden für die niedersächsischen Versuchsflächen 47 kg N_{min} ha⁻¹ und die schleswig-holsteinischen 32 kg N_{min} ha⁻¹ gemessen. Zudem unterschieden sich die niedersächsischen Versuchsflächen signifikant zwischen den Jahren 1999 und 2000. Der Einfluss des Jahres war

nur in der Bodentiefe 0-30 cm signifikant. 1999 trat mit einer Summe von 40 kg N_{min} ha⁻¹ ein um 10 kg/ha höherer N_{min}-Wert im Bodenprofil von 0-30 cm auf als im Jahr 2000.

Die signifikante Wechselwirkung „Termin x Jahr“ (Tab. 27) begründet sich darauf, dass im Jahr 1999 die Abnahme des N_{min}-Gehaltes von Mitte November bis Mitte Dezember signifikant war, welche sich bis Anfang April nicht signifikant veränderte, während im Jahr 2000 diese Abnahme nur tendenziell zu beobachten war. Signifikante Unterschiede traten im Jahr 2000 nur zwischen den Beprobungen Ende Septem-

6 Diskussion

6.1 Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen

Der dargestellte Virusbefall im Kartoffel-Pflanzgut ist die Folge einer Infektion, die während der Vegation zu ganz unterschiedlichen Zeitpunkten und im Zuge einer Vielzahl komplexer Einflussfaktoren (siehe Abb. 1, S. 25) erfolgt sein kann, weshalb es besonders schwierig ist, die dafür entscheidenden Faktoren anzusprechen. Da der Infektionszeitpunkt bei vielen Versuchsanstellungen zum Virusbefall von Kartoffelpflanzen unbekannt bleibt, lassen sich die entscheidenden Einflussfaktoren für den Anteil kranker Pflanzen in vielen Fällen nicht eindeutig bestimmen. Vermutlich bleibt bisher zudem eine Vielzahl der den Befallsdruck beeinflussenden Faktoren, die im einzelnen schwer erfassbar und unter Umständen unzureichend erforscht sind, unberücksichtigt.

Für den Nachweis einer Primärinfektion gibt es derzeit kein einfaches, sicheres und praxistaugliches Verfahren, da der Erreger nach Infektion zunächst in nur geringer Konzentration in der Pflanze vorliegt und ungleichmäßig verteilt ist (Vulic & Arenz 1963). Bis in die 80er Jahre wurde versucht, die Frage nach dem Haupt-Infektionszeitpunkt über Versuche mit Fangpflanzen zu beantworten, die dem Anflug der Vektoren zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgesetzt wurden (Rasocha 1966; Bokx 1979; Ryden et al. 1983; Raccach et al. 1985; King et al. 2004).

Die Höhe der realen Infektionsgefahr kann zudem nicht der Anzahl der gefangenen Blattläuse oder der potentiellen Vektoren gleichgesetzt werden, sondern wird durch die Menge virustragender Blattläuse bestimmt, welche i.d.R. schwer vorhersehbar ist (Way & Cammel 1973). Direkte Testmethoden bestehen nur für persistent übertragene Viren, wie das PLRV, während indirekte über Testpflanzen zeitaufwendig sind und nicht unmittelbar auswertbar sind (Testpflanze Kartoffel) oder die Befallssituation möglicherweise nicht realistisch abbilden können (z.B. andere Testpflanzen, wie Tabak). Zur Beurteilung der Effizienz des Grünrodenverfahrens, welche nur auf den Befallsdruck wirkt, der durch den sommerlichen Befallsflug verursacht wird, ist der Infektionszeitpunkt jedoch von entscheidender Bedeutung.

Zwar stellten Rieckmann und Zahn (1998) nach einer Auswertung der Blattlausflugzahlen von 1980-1996 und den Anerkennungsraten von Pflanzgut im Kammergebiet Hannover die These auf, dass die Intensität des Sommerfluges für die Virusübertragung weniger bedeutsam als diejenige des Frühjahrsfluges ist (Rieckmann & Zahn 1998), aber auch in Jahren mit sehr früh einsetzendem sommerlichen Befallsflug, wie er im eigenen Versuch im Jahr 1999 festzustellen war, kann dieser für die Anerkennung zu zertifiziertem Pflanzgut grenzwertigen Anteilen viruskranker Knollen führen. Die allgemein geringere Bedeutung des sommerlichen Befallsfluges ist durch die sich ausbildende Altersresistenz der Pflanzen begründet. Erhöhter Befallsdruck besteht dann, wenn die Altersresistenz noch nicht vorliegt, oder frühe Krautminderung, sowie ungünstige Witterungsbedingungen die Pflanze zum Wiederaustrieb veranlassen (siehe auch 6.5, S. 93). 1976 wurden z.B. in Versuchen von Sigvald (1989) die meisten Infektionen mit PVY^O Anfang bis Mitte Juli gesetzt und dabei (Nachweis mithilfe von Infektorpflanzen im Bestand) mehr als 50 % der neugebildeten Knollen infiziert (Sigvald 1989).

Für den Faktor Behandlung wurde eine geringere Anzahl infizierter Knollen nach Krautschlagen oder Grünroden erwartet, was nur in der Tendenz bestätigt werden konnte (Abb. 7, S.49). Die Ursachen für die nicht signifikante Ausprägung liegen höchstwahrscheinlich an dem insgesamt sehr geringen Infektionsdruck, wegen des eher geringen Blattlausaufkommens in der Hauptinfektionszeit der drei Untersuchungsjahre, da das hier angewandte Verfahren auch schon von anderen Autoren in ihrer Wirksamkeit bestätigt wurde. Möglicherweise hätte der Einsatz von Infektor-Pflanzen im Bestand, wie er von einigen Versuchsanstellern verwendet wurde, die Signifikanz beeinflusst, da es sich im Versuch jedoch um Praxisflächen zur

Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen

Pflanzgutvermehrung handelte, kam ein solches Vorgehen nicht in Frage. Arenz und Hunnius (1959) berichteten, dass frühgerodete Knollen geringere Symptomausprägungen (damaliges Maß für Virusinfektionen, da noch kein anderes Testverfahren verfügbar war) im Nachbau zeigen als normal geerntete Knollen. Hier konnte der Virusbesatz durch Frühroden nach 92-106 Tagen mittels Krautziehen von Hand am 31.7. auf 17 % gegenüber der Normalrodung reduziert werden. Reußner (1968) konnte auch bei einem späteren Früherntetermin um den 7.8. und der spätreifenden Sorte Ackersegen noch einen positiven Effekt feststellen. Durch Frühernte wurde dieser in offenen Vermehrungslagen von 17 % auf 9,5 % reduziert (Mittel der Jahre 1960-1962).

Auch in anderen nicht wissenschaftlichen Quellen wird auf die positive Wirkung von Frührodung auf den Gesundheitswert hingewiesen (Botjes 1923; Münster 1952; Schick 1953; Wartenberg 1954; Wenzl 1954; Goerlitz 1955a; Arenz 1959). Inwieweit die Reduzierung von Infektionen möglich ist, hängt jedoch auch in hohem Maße vom Infektionsdruck, beeinflusst durch den Anteil primär- und sekundär infizierter Pflanzen im Bestand und deren Bereinigung ab, hierzu liegen in den meisten Fällen keine Angaben vor.

Obwohl die Bedeutung der Blattläuse als Virus-Vektoren und die Methodik zu deren Erfassung (100-Blatt-Methode, Gelbschale) zum damaligen Zeitpunkt schon bekannt war, wurde die Befallsflugintensität in fast allen vorliegenden Veröffentlichungen nicht diskutiert. Keine Berücksichtigung erfuhren diese in den Veröffentlichungen von Schick (1959), Wartenberg (1954) und Goerlitz (1955a). Erhoben, aber nicht dargestellt wurden 100-Blatt-Zählungen und Gelbschalenfänge von Münster (1952). Der Vergleich und die Interpretation dieser Veröffentlichungen im Zusammenhang mit den eigenen Ergebnissen werden dadurch erschwert.

Gabriel (1973) erreichte unter Einsatz von Infektorpflanzen mit frühen und mittelfrühen Sorten und zu den eigenen Versuchen ähnlichem Infektionsniveau und Krautminderungsterminen vom (15.7.-24.7. und 30.7.-9.8.) im Vergleich zur natürlichen Abreife eine Reduzierung der PVY kranker Knollen bis zu 5,8 %.

Allgemein ließen sich über die Varianzanalyse in den Versuchsjahren wenige signifikante Beziehungen der Faktoren im Infektionsgeschehen feststellen. Von besonderer Bedeutung kann auch die Wahl des Stichprobenumfanges für die Untersuchung des Virusbefalls gewesen sein. Starke Streuungen um den Mittelwert in Jahren mit sehr geringem Infektionsdruck sind auch von anderen Autoren beschrieben worden (Goerlitz 1955a; Goerlitz 1955b; Neitzel & Pfeffer 1959; Müller et al. 1959; Vogt 1959; Hebeisen 1998; Hinrichs-Berger & Landsmann

Tab. 28: Gestaffelte Testung auf schwere und leichte Viren einer Variante (Kontrolle, vorgekeimt, 1. Wiederholung) von Betrieb 7 in Niedersachsen (%)

Anzahl	Befund	
Testknollen	Virus schwer %	Virus leicht %
100	4	0
200	4	0
300	5	0
400	10	0
500	16	0

2000; Hebeisen & Nemecek 2001; Rieckmann 2001d). Hausschild (1951) berichtete von zunehmender Kritik an der Anerkennungspraxis, die eine Probe von 200 Knollen pro Vermehrungsfläche vorsah und betont, dass der relative Fehler umso größer wird, je niedriger der Anteil kranker Pflanzen ist. Für die statistische Sicherung eines Anteiles von 1,2 % blattrollkranker Pflanzen wäre nach seiner Angabe die Testung von 4500 Stauden pro Fläche nötig. Auch Hebeisen (2001) bezieht sich auf Vertrauensgrenzen, die bei einem Virusbefall von 2 %, einem Probenmuster von 50 Knollen und einer Feldgröße bis 1 ha bei 0,05-10,65 lagen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass im eigenen Versuch die Stichprobe von 100 Knollen und einfacher Wiederholung pro Variante als zu gering angesetzt wurde.

Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen

Im Jahr 2001 wurde zur Abschätzung Streuung der Testergebnisse die Anzahl der zu testender Knollen auf dem Betrieb 7 von 100 auf 500 Knollen pro Variante erhöht (Rieckmann 2001c). Das Ergebnis einer schrittweisen Auswertung von Teilproben zeigt Tab. 28. Erst ab einer Testknollenzahl von 400 Stück steigt der über 100 Knollen ermittelte Befall von 4 % deutlich an und erreicht bei der Testung von 500 Knollen 16 % schweres Virus. Das Ergebnis dieser Auswertung verdeutlicht die Größe des Unsicherheitsfaktors bei der durchgeführten Virustestung.

Neitzel und Pfeffer (1959) machten für die Streuung der Ergebnisse die nesterartige Verteilung

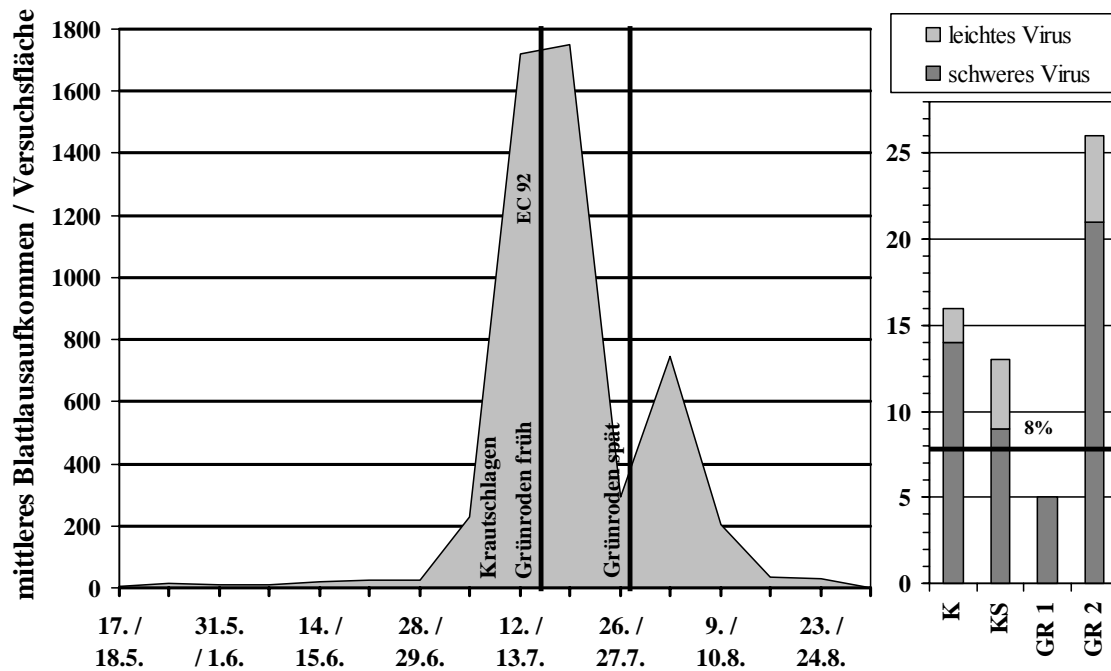


Abb. 37: Mittleres Blattlausauftreten in Relation zur Terminierung der Krautminderung sowie der Virusbesatz der Ernteknollen in Abhängigkeit der eingesetzten Verfahren (K: Kontrolle, KS: Krautschlagen, GR1 und GR2: frühes und spätes Grünroden) eines Versuchsbetriebes der Region Niedersachsen im Jahr 1999

lung infizierter Pflanzen im Bestand verantwortlich. In Versuchen mit 100 Stauden pro Parzelle und 5-facher Wiederholung war die Anzahl der Testpflanzen gering und erst bei Zusammenlegung von 2 Terminen der Frühernte war eine klare Tendenz ersichtlich. Neitzel und Pfeffer (1959) empfahlen bei Kleinparzellenversuch in solchen Jahren die Erhöhung der Stichprobe auf 200 und mehr Stauden. Hebeisen (2000) berichtete aus eigenen Erfahrungen, dass auch ein Stichprobenumfang von 300 Knollen möglicherweise nicht ausreicht, um den Virusbefall im Ausgangspflanzgut ausreichend genau zu ermitteln (Hebeisen & Nemecek 2006). Goerlitz (1955a) spricht in diesem Zusammenhang von einer zu dem zu erwarteten Ergebnis in keinem Verhältnis stehenden Parzellengröße und Anzahl von Wiederholungen.

Aus einer einzelbetrieblichen Betrachtung mit hohem Infektionsdruck aus dem Jahr 1999 (Abb. 37) geht hervor, dass der Virusbesatz sowohl der leichten als auch der schweren Viren durch Grünroden, insbesondere durch den frühen Termin (GR1) deutlich verringert werden konnte.

Abb. 37 zeigt zum einen das Blattlausauftreten für eine niedersächsische Versuchsfläche im Jahr 1999 mit den Terminen für den Einsatz des Krautschlagens bzw. frühen Grünrodens (14. Juli / EC 92) sowie des späten Grünrodens (27. Juli) und zum anderen die Auswirkungen

der geprüften Verfahren auf die Virusbelastung des Erntegutes an diesem Standort. Das frühe Grünroden wurde eine Woche nach dem Beginn des starken Anstiegs der Blattlauspopulationen durchgeführt, gerade als das Fangmaximum geflügelter Blattläuse erreicht war. Nach frühem Grünroden lag der Besatz mit schweren Viren bei 4 %, während in allen anderen Varianten der Grenzwert für zertifiziertes Pflanzgut von 8 % deutlich überschritten wurde. Krautschlagen führte zu erheblichem Wiederaustrieb (Abb. 37, S. 73) und damit zu einer Spätinfektion mit leichten und schweren Viren. Spätes Grünroden am 27. Juli konnte den Anteil an Knollen mit schwerem Virus nicht reduzieren. Der Zeitraum zwischen dem Anstieg der Blattlauspopulationen und dem späten Grünrodettermin (27. Juli) war lang genug, um eine Abwanderung der Infektion vom Kraut in die Knolle zu ermöglichen (22 Tage nach Beginn, 15 Tage nach Erreichen des Kulminationspunktes). Nach Versuchen von Münster (1958) zeigten sich erste Infektionen der Knollen ca. 14 Tage nach Beginn des Massenfluges oder 8 Tage nach Erreichen des Kulminationspunktes. Aus diesem Ergebnis lässt sich ableiten, dass bei starkem Sommerflug der Blattläuse (hier mehr als 1500 Blattläuse / Gelbschale pro Woche) durch frühzeitiges Grünroden der Anteil viruskranker Knollen deutlich vermindert und damit eine Aberkennung der Pflanzgutpartie verhindert werden kann.

Die Einflussfaktoren auf den Virusbefall sind unter Abb. 1 (S.25) näher beschrieben worden. Neben vielen anderen Versuchsanstellern berichteten Neitzel und Müller (1959) von Unterschieden im Virusbefall zwischen Gesundheits- (Groß Lüsewitz: Mecklenburgisches Küstengebiet 2,3 %) und Abbaulagen (Quedlinburg: Mitteldeutsches Trockengebiet 27,9 %) für PLRV. Danach war der Befall in Quedlinburg 12 mal stärker, als in Groß Lüsewitz. Auch in Südschweden war nach Sigvald (1987a) der Anteil virusinfizierter Pflanzen generell höher, als im Norden. Die Ergebnisse der Virusuntersuchung bestätigen demnach die Erwartung von Differenzen im Virusbefall durch die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse in den Regionen (Abb. 12, S. 52). Der Befall mit schweren Viren in der relativen Gesundlage Schleswig-Holstein (0,31 %) unterscheidet sich demnach erwartungsgemäß sehr hoch signifikant von dem in der relativen Abbaulage Niedersachsen (3,22 %). Höhere Sommertemperaturen stimulieren nach Gabriel (1965) die Sommer-Flugaktivität der Blattläuse und auch die Häufigkeit für PVY-Infektionen und auch Pfeffer (1956) stellte fest, dass in Übereinstimmung mit zunehmender Häufigkeit der Tage mit einer Maximumtemperatur größer oder gleich 23°C ein zunehmender Virusbefall zu verzeichnen war.

Die Versuchsflächen in Schleswig-Holstein ließen sich aufgrund ihrer Standortfaktoren (Strukturarmut, Kap. 9.3.1, Anhang, S. 137) und der klimatischen Faktoren (höhere Windgeschwindigkeit und geringere Temperaturen, Kap. 4.3, S. 32), die den virusübertragenden Blattläusen ungünstigere Lebensbedingungen bieten, als relative Gesundlagen ansprechen. Gesundlagen zeichnen sich durch raues Klima, harte Winter, kühles Frühjahr, kühle Nächte, starke Winde, hohe Niederschläge und leicht erwärmbare Böden aus. In die Beurteilung eines Gebietes fließen aber nicht nur die Häufigkeit von Vektoren, sondern auch das Vorkommen viruskranker Pflanzen in der Umgebung ein. Diesen Anforderungen werden die küstennahen Niederungsgebiete Schleswig-Holsteins und Niedersachsens, die Mooregebiete, sowie die Höhenlagen Bayerns am besten gerecht (Arenz & Hunnius 1959; Keller et al. 1999).

Die Differenzen in der Befallsflugintensität zwischen Gesund- und Abbaulagen sind von vielen Autoren ausgiebig beschrieben worden (Botjes 1923; Goerlitz 1955b; Pfeffer 1956; Neitzel & Müller 1959; Müller et al. 1959; Sigvald 1987a) und im Wesentlichen auf die geringere Anzahl fluggünstiger Stunden in Gesundlagen zurückzuführen (Müller et al. 1959). Danach benötigen die Blattläuse mehr Zeit um höhere Populationsdichten aufzubauen und durch die weniger günstigen Flugbedingungen kommen weniger geflügelte Läuse zum Abflug (Müller et al. 1959). Was zudem, wie u.a. bei Turl (1980) beschrieben, zu einer zeitliche Verschiebung in der Befallsflugintensität führt.

Das grundsätzliche Auftreten von Blattläusen kann jedoch auch in Gesundlagen nicht unterbunden werden. So beginnt der sommerliche Massenflug in Gesundlagen nicht nur später, sondern ist auch früher beendet (Müller et al. 1959). Im Jahr 2001 begann auf den eigenen Versuchsflächen der sommerliche Befallsflug im Mittel in Schleswig-Holstein eine Woche später. Zwischen dem Erstauftreten geflügelter Blattläuse von zwei Betrieben aus beiden Regionen (Betrieb 1 in Schleswig-Holstein, Betrieb 7 in Niedersachsen) lag eine Spanne von ca. 4 Wochen. Dieser zeitliche Versatz im Erstauftreten, wie er vor allem im Jahr 2000 zu beobachten war, wurde auch von anderen Autoren erwähnt und auch Rieckmann (2004) beschrieb, dass die regionalen Unterschiede hinsichtlich des Erstauftretens oft sehr groß sind.

Die eigenen Versuchsstandorte an der Westküste Schleswig-Holsteins unterschieden sich nur wenig in Bezug auf ihre Randstrukturen (Tab. 47, Anhang, S. 137). Schützende Elemente, wie z.B. die Windgeschwindigkeiten mindernde Knicks, waren in den Marschen in der Regel nicht zu finden und im überwiegenden Fall konnten die Versuchsflächen als windoffen bezeichnet werden. Die Temperaturen lagen in Schleswig-Holstein im Mittel der drei Jahre um ein halbes Grad unter denen in Niedersachsen (Tab. 8, S. 33) und auch in Bezug auf die Niederschläge und Windgeschwindigkeiten waren für die Blattläuse ungünstigere Bedingungen vorzufinden. Niederschlagssumme (SH: 879, NS: 750 mm), Niederschlagsdauer (SH: 1432, NS 1350 std.) Windgeschwindigkeiten (SH: 5,3; NS: 3,4 m/s) und deren Amplitude waren im Mittel der drei Jahre in Schleswig-Holstein höher. Aufgrund der vergleichsweise höheren Strukturvielfalt (Kap. 9.3.1, Anhang, S. 137), geringerer Windgeschwindigkeiten und höheren Temperaturen (Kap. 4.3, S. 32) fanden Blattläuse an den Standorten im Landesinneren Niedersachsens die besseren Lebensbedingungen und kamen in deutlich höherer Anzahl vor. Mit der Strukturvielfalt der niedersächsischen Standorte (Tab. 48, Anhang, S. 137) ist auch die höhere Variabilität im Blattlausbefall der einzelnen Standorte zu erklären (Abb. 6, S. 40). Die Einstufungen der Versuchsflächen reichten hier von „relativ windoffen“ bis „relativ windgeschützt“. Die Windabdeckung stellen in den meisten Fällen Waldstücke oder Gehölze dar. Abdeckungen in Hauptwindrichtung (W-SW), wie bei Betrieb 7 stellen für die Vektoren besonders günstige Verhältnisse dar. Thieme (1994) verglich die Gelbschalenfänge (17.6.-7.8.) auf einem vegetationsfreien und windexponiertem Standort in der Nähe Rostocks (18 Individuen) mit einem in strukturreicher Vegetation mit Krautschicht und einzelnen Bäumen, wo 60 Blattläuse gefangen wurden.

Deutlich größer waren die Unterschiede beim Vergleich der beiden Regionen im eigenen Versuch, hier wurden in Niedersachsen bis auf das 14-fach höhere Fänge festgestellt. Doch auch noch weitreichendere Differenzen konnten bisher beobachtet werden. Nach Untersuchungen von Müller et al. (1959) lag die Befallsflugintensität (Gelbschalen) in den Abbaugebieten im Mittel rund 50 mal höher als in Hochzuchtlagen.

Die Regionen unterschieden sich in allen 3 Jahren im Blattlausflugaufkommen signifikant, jedoch nur während der Haupt-Flugzeiten im Frühjahr und Sommer (Kap. 5.1.1, S. 39), was vermutlich auf die in Kapitel 5.1.1 (S. 39) am Jahr 1999 beispielhaft dargestellten großen einzelbetrieblichen Differenzen im Blattlausaufkommen in Anzahl und Zeitpunkt zurückzuführen ist.

Die beobachteten erheblichen Unterschiede zwischen den Standorten im Blattlausbefall der selben Region (Abb. 6 und 5, S. 40f) lassen sich auch in der Literatur finden (Klein & Hunnius 1979) und werden unterschiedlich begründet (Unger & Müller 1954; Sigvald 1987a). Schon Münster (1958) beschrieb, dass sogar auf engstem Raum, innerhalb der selben Ortschaft, die Blattlausentwicklung verschieden verlaufen kann. Darauf begründen sich die Empfehlungen nach örtlich angepassten Krautminderungsterminen (Münster 1958). Wichtige Kriterien zur Beurteilung eines Standortes auf Blattlausbefall sind Windrichtung und Exposition (Taylor & Johnson 1954). Wenzl (1954) nennt in diesem Zusammenhang als Gründe für die

Vorverlegung der Frühernte an bestimmten Standorten milde Lagen, Muldenlagen, Windschatten und Südexpositionen. Aufgrund der sehr geschützten Lage der Versuchsfläche 5 (Kiefernwäldchen in südwestlicher Richtung) wurde ab Anfang Juli eine sehr rasche Zunahme im Fang geflügelter Blattläuse verzeichnet (Abb. 6, S. 40). Wie Tab. 48 (Anhang, S. 137) zu entnehmen ist, handelte es sich bei dieser Fläche um eine der am besten windgeschützten Versuchsfläche des Jahres. Nach De Bokx und Piron (1984) können ebenso die Präferenzen von Blattläusen in Bezug auf deren Wirte eine Rolle spielen, wozu wissenschaftlich jedoch nur wenig bekannt ist. Arenz (1959) vertrat schon früh die Meinung, dass bestimmte Kartoffelsorten für die Vermehrung von Blattläusen besonders geeignet seien und auch viruskranke Stauden von Blattläusen bevorzugt werden.

Wie schon erwähnt hat die Temperatur in der Regel den größten Einfluß auf das Vektorgeschehen und damit unter bestimmten Vorraussetzungen auf den Virusbefall. Im Jahr 2000 mit der höchsten Temperatursumme wurde ein ausgeprägter Frühjahrsflug festgestellt. Nach Robert (1978) besteht ein Zusammenhang der Temperatursumme der zweiten und dritten Aprildekade. Die hohen einzelbetrieblichen Differenzen im Blattlausvorkommen innerhalb einer Region (Abb. 6, S. 40) machen jedoch deutlich, wie stark auch standörtliche Faktoren, wie z.B. Windabdeckung das Blattlausvorkommen beeinflussen können.

Das auftretende Artenspektrum der Vektoren wird durch die Struktur von Haupt- und Nebenwirten der Region bestimmt. Der größere Anteil sonstiger Blattlaus-Arten, wie er im eigenen Versuch in Schleswig-Holstein vorkam (Tab. 16, S. 42), ist vermutlich auf die im Vergleich zu Niedersachsen größere Kulturartenvielfalt zurückzuführen, die die nährstoffreichen Marschböden ermöglichen, was sich z.B. im intensiven Gemüsebau dieser Region widerspiegelt.

Die Unterschiede im Virusbefall der einzelnen Versuchsjahre lassen sich nur durch gemeinsame Betrachtung von Faktoren erklären, die den Virusbefall beeinflussen. Wichtig in diesem Zusammenhang sind die Entwicklung des Pflanzenbestandes in Bezug zum zeitlichen Auftreten der Vektoren und dem vorhandenen Artenspektrum.

Tab. 29: Temperatursummen vom 11. bis 31. Juli der Versuchsstandorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen und der Jahre 1999-2001

	1999	2000	2001
Schleswig-Holstein	860	774	850
Niedersachsen	928	814	900

Dabei stellt die Temperatur den größten Einflussfaktor auf das Blattlausvorkommen dar. Eine nach Gabriel (1965) aufgestellte Temperatursumme vom 11. Juni bis 31. August, die sich in zwei Jahren mit niedrigen Temperaturen als signifikant erwies, was auch für die eigenen Versuche im Jahr 2000 galt (Tab. 46, Anhang,

S. 136), führt zu einer Rangierung der Jahre, die der Höhe des Virusbefalls entspricht (Tab. 29).

Bei der Definition der wichtigsten Einflussfaktoren auf den Virusbefall einer Vermehrungsfläche steht für die Unterscheidung der Jahre die zeitliche Verteilung des Flugaufkommens der Blattläuse in Abhängigkeit von Virusanfälligkeit bzw. der Pflanzenentwicklung an erster Stelle. Das Flugaufkommen der Blattläuse wiederum ist im Wesentlichen durch den Witterungsverlauf beeinflusst, dabei primär von Temperaturen und Antagonistenaufkommen. Im Jahr 1999 konnte im eigenen Versuch die für die drei Jahre höchste Befallsrate mit schwerem Virus von 2,26 % beobachtet werden (Abb. 14, S. 53).

Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen

Zum Zeitpunkt des Anstieges der Blattlausfangzahlen Mitte Juni befanden sich die Bestände in Niedersachsen mit einem mittleren EC von 45 noch in einem vergleichbar anfälligen Stadium für Virusinfektionen (Abb. 38). Dies erklärt auch die tendenzielle Reduzierung befallener Knollen durch frühes Grünroden zum Zeitpunkt des Flugmaximums Anfang Juli, und im Speziellen bei Betrieb 7 (Abb. 37, S. 73), bevor eine Abwanderung der Viruspartikel in die Knolle stattfinden konnte.

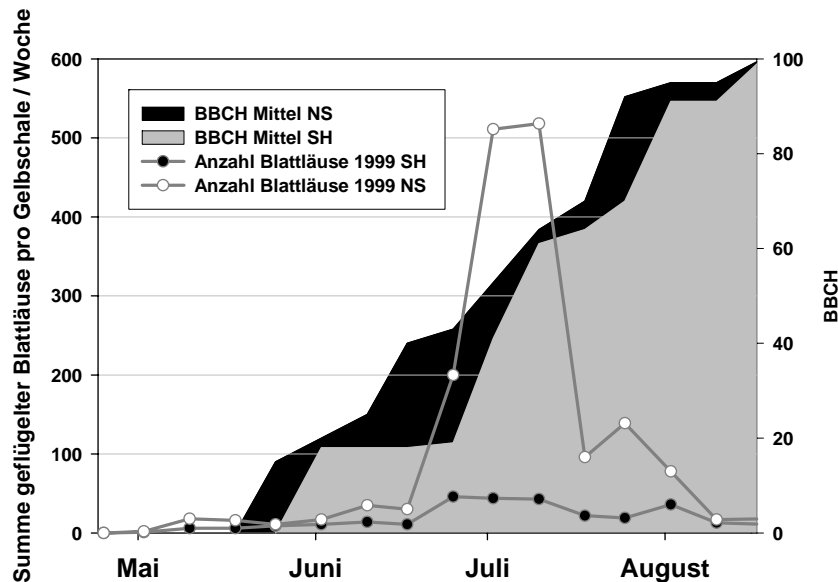


Abb. 38: Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 1999 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

Der geringe Vektorflug in Schleswig-Holstein konnte trotz späterer Entwicklung der Pflanzenbestände offensichtlich kaum Infektionen verursachen.

Die zögerliche Entwicklung der Blattlauspopulation verbunden mit einem Ausbleiben des frühjährlich deutlichen Anstiegs der Flugaktivität ist vermutlich auf die besonders in Schleswig-Holstein sehr geringen Temperaturen zum Jahresbeginn zurückzuführen (Tab. 46, S. 136), im Mittel des Monats Februar erreichten sie hier nur 0,2 °C (Niedersachsen 1,5 °C). Im

März stieg die mittlere Temperatur wieder auf überdurchschnittliche 5,0 bzw. 5,7°C an, was klimatisch günstige Bedingungen für die Entwicklung der Blattläuse (aber auch für die Pflanzenbestände) darstellte. Trotzdem fiel der Frühjahrsflug 1999 auch in Niedersachsen insgesamt recht schwach aus, was auch der Blattlauswarndienst für Niedersachsen bestätigen konnte und dies, obwohl die Blattlauspopulation 1999 zu einem erheblichen Anteil aus anholozyklischer Überwinterung stammte. Rieckmann (1999) führt die zögerliche Entwicklung auf ein frühes Auftreten von Nützlingen in größerer Zahl zurück. Nach einem sehr niederschlagsreichen Juni (Tab. 46, Anhang, S. 136) mit 92 mm begann die sommerliche Flugphase in Niedersachsen auf den Versuchsflächen Anfang Juli (Abb. 5, S. 40), welche nach Rieckmann (1999) im Vergleich zu „Normaljahren“ mindestens 2 Wochen früher auftrat und nach Erbe und Neubauer (1999) in Niedersachsen und anderen Bundesländern mit einem dramatischen Anstieg verbunden war.

Ereignisse im Fluggeschehen, die sich nicht mit der Witterung in Zusammenhang bringen lassen, lassen sich auf gegenseitige Beeinflussung von Blattlaus- und Antagonistenpopulationen zurückführen, wie die u.a. von Robert (1987) beschriebene Wechselwirkung zwischen den Flugphasen von Aphiden (siehe Abb. 1, S.25). An den eigenen Ergebnissen konnten diese im Jahre 1999 und 2000 beobachtet werden. 1999 folgte auf einen schwachen Frühjahrsflug ein ausgeprägter Sommerflug (Abb. 5, S. 40), während im Jahr 2000 trotz günstiger klimatischer Bedingungen für einen frühen Sommerflug, dieser erst relativ spät einsetzte. Auch zwischen den Jahren finden Wechselwirkungen statt, so berichtete Dubnik (1978), dass noch nie zwei aufeinanderfolgende starke Blattlausjahre beobachtet wurden, was für die eigenen Versuche in den Jahren 1999 und 2000 zutraf. In der Regel haben Antagonisten dann einen besonders starken Einfluß auf die Blattlausdichte auf dem Sommerwirt, welches bis zum Zu-

sammenbrechen der Population führen kann, wenn eine sehr frühe Blattlausentwicklung auf dem Winterwirt genügend Zeit zum Aufbau der Population gibt (Suter & Keller 1977), was ebenfalls für das Jahr 2000 zutraf (Dixon 1990). Andere Erklärungen finden sich in zyklischen Populationsentwicklungen, wie sie Dixon (1990) in Käfigversuchen unabhängig von dem Einfluss durch Antagonisten bei *Myzocallis boerneri* nachweisen konnte. Eine Depression nach einem eruptiven Aufbau der Population oder ein Zusammenbruch, wie sie oft in blattlausstarken Jahren im Sommer beobachtet wird (Hille Ris Lambers 1972), kann auch durch eine Massenvermehrung von Feinden, die ungünstige Beeinflussung der Wirtspflanzen durch Überbevölkerung oder eine verminderte Reproduktionsrate der Blattläuse, wie sie von Tokmakoglu und Bombosch (1964) beobachtet werden konnte, bedingt sein (Behrendt 1969).

Für das Jahr 1999 kann für die Art *Macrosiphum euphorbiae* und den unter *Aphis* spp. zusammengefassten Arten nach Beurteilung der Anzahl in Bezug auf die Gelb-Sensitivität und Vektoreffizienz ein großer Einfluss auf den Befallsdruck vermutet werden (Tab. 16, S. 42). Das nach Rieckmann (1999) außergewöhnlich zahlreiche Auftreten von *Macrosiphum euphorbiae* lag an deren anholozyklischer Überwinterungsmöglichkeit (Rieckmann 1999). Versuche zur Abschätzung der Vektoreffizienz der Grüngestreiften Kartoffellaus (*Macrosiphum euphorbiae*) kommen zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen von 7-92 % der Kapazität von *Myzus persicae* (Proeseler & Weidling 1975; Hoof 1980; Sigvald 1984; Harrington & Gibson 1989; Bokx & Piron 1990; Woodford 1992). In Versuchen von De Bokx und Piron (1990) die über 5 Jahre mit Kartoffel als Testpflanze durchgeführt wurden erreichte *Macrosiphum euphorbiae* 7 % der Übertragungseffizienz von *Myzus persicae*. Trotz deren eher geringeren Effizienz und des gelb-sensitiven Verhaltens dieser Art tritt sie in den Jahren 1999 und auch im Jahr 2001 so häufig in der Gelbschale auf, dass ein größerer Einfluss auf den Befallsdruck dieser Jahre im eigenen Versuch vermutet wird.

Die hohen Anteile an *Aphis*-Arten, wie sie für das Jahr 1999 beobachtet wurden (Tab. 16, S.42), könnten zudem mit dem von Rieckmann (1999) beschriebenen Anstieg des Faulbaumlausauftkommens in der 21. Kalenderwoche in Verbindung gebracht werden. Die Arten *Aphis nasturtii* und *Aphis frangulae* sind neben anderen in der Gruppe *Aphis* spp. zusammengefasst und konnten aufgrund dessen nicht direkt quantifiziert werden. In Versuchen von Hebeisen (1998) wurde der Vektordruck mit einem Anteil von 59 % durch die verschiedenen *Aphis*-Arten dominiert. Die Kreuzdornlaus (*Aphis nasturtii*) ist ein effektiver PVY-Virusüberträger (Harrington et al. 1986; Piron 1986; Sigvald 1987b; Bokx & Piron 1990; Rieckmann 1999) und in den meisten Jahren stark vertreten (Dubnik 1996). Die Art erreicht nach Proeseler und Weidling (1975) 29 % der Übertragungsfähigkeiten von *Myzus persicae*. Auch die Faulbaumlaus (*Aphis frangulae*) gehört mit 20 % der Übertragungsfähigkeiten von *Myzus persicae* (Proeseler & Weidling 1975) zu den wichtigsten Virusüberträgern (Harrington et al. 1986; Sigvald 1987b). Als Vektor ist sie zwar nicht so effizient wie Pfirsichblattläuse und Kreuzdornläuse (Rieckmann 2001b), nach Gabriel (1965) besteht jedoch eine starke Korrelation zwischen dem Auftreten von *Aphis nasturtii* und *Aphis frangulae* und PVY. Wegen der starken Dominanz von *Aphis* spp. in den Blattlausfängen der eigenen Untersuchungen (u.a. im Jahr 1999), vermutlich überwiegend der Arten *Aphis nasturtii* und *Aphis frangulae*, sowie deren herausragender Vektoreffizienz, ist von einem sehr großen Einfluss dieser Arten auf den Befallsdruck auszugehen. Auch die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*) kann PVY übertragen, ist nach Rieckmann (2000a) in Deutschland jedoch kein besonders effektiver Vektor. Nach De Bokx und Piron (1990) erreicht diese Art nur 7 % der Effizienz von *Myzus persicae*. Nach Untersuchungen in Schweden mit PVY⁰ von Sigvald (1987) zählte *Aphis fabae* jedoch zu den 6 wichtigsten Virusvektoren. Wegen deren geringen Vorkommens und Effizienz hat diese Art jedoch vermutlich nur geringen Einfluss auf den Befallsdruck in den Versuchsjahren.

Virusbefall, Vektor-Flugintensität und –Artenvorkommen

Die als gelb sensitiv bekannte *Myzus persicae*, kam im Jahr 1999 unerwartet selten in den eigenen Gelbschalen vor. Aus den Fangergebnissen beider Warndienste (Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern) ist jedoch auch zu entnehmen, dass *Myzus persicae* nur auf bestimmten Flächen häufig anzutreffen war. Nur zu einigen Terminen ab Anfang Juli konnten auf allen Flächen des Warndienstes Niedersachsen Individuen dieser Art gefangen werden, was eine starke Standortabhängigkeit nahe legt. Zudem ist anzunehmen, dass die für die Vermehrung ausgewählten Flächen im eigenen Versuch, ein möglichst geringes Blattlausauftreten vorweisen. Grundsätzlich beschrieben aber auch Klein und Hunnius schon 1979, dass Jahre mit starker Gradation durch *Myzus persicae* selten geworden sind, was auch die Ergebnisse von Kürzinger und Kürzinger (2003) bestätigen, die in den Jahren 1999 und 2001 in Groß Lüsewitz kein nennenswertes Aufkommen dieser Art nachweisen konnten.

Auch nicht kartoffelbesiedelnde Arten beproben im Rahmen der Wirtsfindung die Kartoffel und können eine wichtige Rolle als Virusvektoren spielen (Sigvald 1987a; Dubnik 1996). Nicht kartoffelbesiedelnde Blattläuse treten oftmals zu einem früheren Zeitpunkt auf, verhalten sich rastloser und beproben mehr Pflanzen, so dass viele Autoren feststellten, dass sie nach Einteilung in relative Effizienz-Faktoren (REF) eine vergleichbar hohe Effizienz für nicht persistente Kartoffelviren aufweisen können (Sigvald 1992; Nemecek 1993; Haverkort & MacKerron 1995; Nemecek et al. 1995a). Die 1999 sehr früh auftretende Art *Capitophorus hippophaes* gilt als wenig effizienter Vektor für PVY^N (Hoof 1980; Thieme et al. 1998) und hatte vermutlich einen sehr geringen Einfluss auf den Befallsdruck in diesem Jahr (Piron 1986), auch wenn De Bokx und Piron (1985) bei einzelnen jedoch wenigen Individuen höhere Effizienzen als *Myzus persicae* nachweisen konnten.

Die in 1999 und 2001 aufgetretene Verengung des Artenspektrums zum Flugpeak in Niedersachsen ist vermutlich auf die hohe Anbauintensität von Kartoffeln in diesem Gebiet zurückzuführen. Während der Anteil der Kartoffelblattläuse in Mecklenburg-Vorpommern und sehr wahrscheinlich analog in Schleswig-Holstein über die Jahre relativ gering und konstant ist

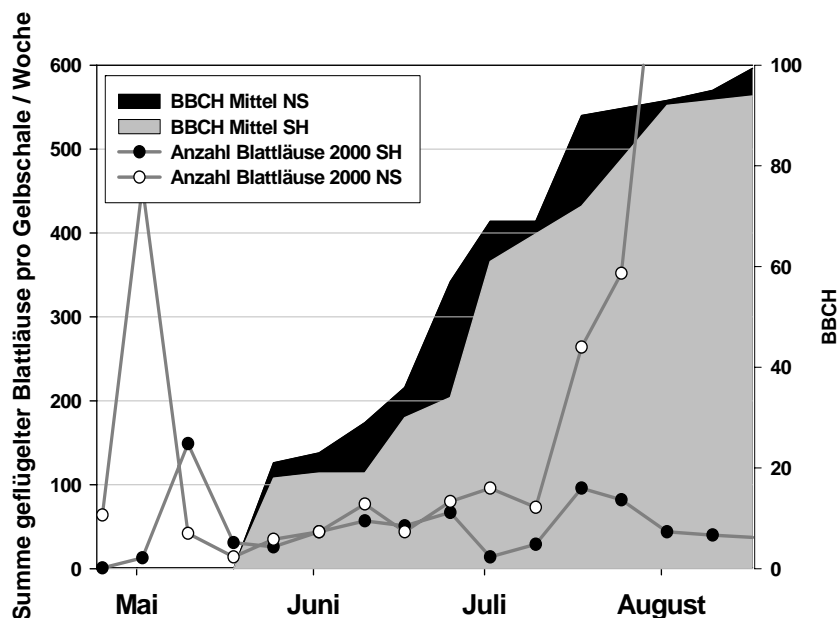


Abb. 39: Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 2000 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

(Kürzinger & Kürzinger 2001), bieten sich in Niedersachsen mehr Möglichkeiten der Ansiedlung und Vermehrung, sowie schnellen Populationszunahme durch kurze Migrationsphasen (Hardie 1994; Wehmeier 2003).

In den eigenen Versuchen wurden im Jahr 2000 die wenigsten Pflanzen positiv auf schwere Viren getestet (Abb. 14, S. 53), was auch Auswertungen der Anerkennungsergebnis-

se aus Mecklenburg-Vorpommern bestätigten (Erbe & Neubauer 2003), obwohl ein ungewöhnlich zeitiger Frühjahrsflug grundsätzlich die Bestände gefährdete und sehr viele Individuen in den Fangschalen auftraten (Abb. 5, S. 40). Dass die Pflanzen jedoch zu diesem Zeitpunkt größtenteils noch nicht aufgelaufen waren, erklärt die vergleichsweise niedrige Befallsrate von 0,70 % (Abb. 39).

Günstige Bedingungen für den Frühjahrsflug im Jahr 2000 boten vermutlich die außergewöhnlich hohen Temperaturen von Januar bis März (Tab. 46, Anhang, S. 136), welcher in beiden Regionen Anfang Mai beobachtet wurde, jedoch mit einer zeitlichen Differenz von einer Woche (SH: 19. KW, NS: 18. KW) (Abb. 5, S. 40) (KW: Kalenderwoche). Kühle Witterung Ende Mai und umfangreiche Niederschläge und niedrige Temperaturen in Niedersachsen (Tab. 46, S. 136) im Juli bremsten das sommerliche Fluggeschehen (Erbe & Neubauer 2000; Rieckmann 2000a). Die Fangdaten des Sommerfluges erreichten jedoch Anfang August die höchsten Werte im Vergleich der Jahre 1999 bis 2001 (Abb. 5, S. 40), so dass das Jahr 2000 von Scheid (2000) als das Blattlausstärkste der letzten 10 Jahre bezeichnet wurde. In diesem Jahr war durch Grünroden keine nennenswerte Reduzierung des Virusbefalls zu erwarten, weil der sommerliche Anstieg des Flugaufkommens erst zum Zeitpunkt fortgeschrittener Abreife der Bestände stattfand.

Aus Mecklenburg-Vorpommern wurde analog zu den eigenen Fangergebnissen ein auffälliger Frühjahrsflug wirtschaftlich bedeutender Arten erst ab Mitte der 19. KW gemeldet (Rieckmann 2000a; Busch 2000). Im Gegensatz zu den eigenen Versuchsflächen fiel nach Busch (1999) in Mecklenburg-Vorpommern ein kurzzeitig relativ starker Blattlausflug mit den Auflaufterminen der Kartoffeln zusammen und nach der Beschaffenheitsprüfung auf Viruskrankheiten in Mecklenburg-Vorpommern wurden in diesem Jahr mit 8 % mehr Flächen abgestuft als 1999 (5,3 %) (Kürzinger & Kürzinger 2001). Auch in einem Vergleich der Anerkennungsergebnisse für Schleswig-Holstein von 1999-2001 von Bremer (2003) und einer Auswertung der Anerkennungsergebnisse im Gebiet der Landwirtschaftskammer Hannover wurden im Jahr 2000 die meisten Aberkennungen registriert (Anonymus 2002). Möglicherweise überdeckten Standortfaktoren des eigenen Versuches diesen Effekt (siehe Tab. 30).

Der hohe Besatz mit schweren Viren in den eigenen Versuchen im Jahr 2001, der überwiegend in Niedersachsen und bei den Viren PVY und PVA (Abb. 15, S. 53) zu verzeichnen war (Virus schwer NS: 4,02 %, SH: 0,99 %) bestätigt sich auch in einer Auswertung der bundesweiten Anerkennungsergebnisse von Erbe und Neubauer (2003), Kürzinger und Kürzinger

Tab. 30: Verluste bei der Feldbestandsprüfung 1999-2000 in % (ohne Erfolg geprüft oder zurückgezogen), Quelle Erbe und Neubauer (2003)

	1999	2000	2001
Niedersachsen	2,9	2,6	3,2
Schleswig Holstein	0,4	2,7	0,7
BRD gesamt	2,7	1,8	2,2

(2003) und Zahn (2004). Zertifiziertes Pflanzgut wurde nach Erbe und Neubauer (2003) bundesweit 1999 mit 73,5 %, im Jahr 2000 mit 71 % und 2001 mit 70,4 % mit Erfolg feldgeprüft. Ein Vergleich von Schleswig-Holstein und Niedersachsen mit dem Bundesmittel zeigt,

dass die Verhältnisse jedoch regional stark differieren können (Tab. 30).

Auch wenn in den Gelbschalen der eigenen Versuchsbetriebe im Jahr 2001 bis Ende Juli die wenigsten geflügelten Blattläuse gefangen werden konnten (Abb. 5, S. 40), wurden die Blattlausfänge von Scholz und Erbe (2004a) in der Gesamtheit im vergleichbaren Mecklenburg-Vorpommern als relativ hoch bewertet. Das bis Ende Juli sehr geringe Flugaufkommen wurde von den Blattlauswarndiensten mit der Witterung in Zusammenhang gebracht. Kühle Nachttemperaturen bremsten nach Rieckmann (2001) in Niedersachsen zunächst den Frühjahrsflug,

dem folgte unbeständiges, kühles und regnerisches Wetter bis zum sommerlichen Flugtal Mitte Juli (Weidemann 1993; Rieckmann 2001b). Regional heftige Gewittergüsse und böige Winde verzögerten die Massenvermehrung bis Anfang August, so dass der Flughöhepunkt nach Rieckmann (2001) erst Mitte August erreicht wurde. Anhand von Klimadaten, die an den, den eigenen Versuchsflächen jeweils nächst gelegenen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes ermittelt wurden, werden die ungünstigen Bedingungen für die Blattlausentwicklung bestätigt. Auch wenn sich keine Unterschiede zwischen den mittleren Windgeschwindigkeiten feststellen lassen (Tab. 46, Anhang, S. 136), fallen die Niederschläge besonders in Niedersachsen mit 92 mm im Juni besonders hoch aus. Hauptgrund für die geringen Fangzahlen dürften jedoch eher die sehr geringen Temperaturen dieses Jahres gewesen sein (Tab. 46, Anhang, S. 136). Bis in den Juni hinein verhielten sich diese im Vergleich zu den anderen Jahren deutlich unter dem Mittel. Im März konnten in Schleswig-Holstein z.B. nur Mittlere Temperaturen von 2,1°C gemessen werden. Bei relativ hohen Temperaturen im Juli von 18 bis 19°C (Tab. 46, S. 136) baute sich die Population nur langsam auf, dessen Höhepunkt bis zum Ende der Fangperiode (Ende August) nicht mehr erreicht wurde (Abb. 5, S. 40).

Das im Vergleich zu 1999 wesentlich geringere Artenspektrum im Jahr 2001 (11 Arten > 20 Ind. im Gesamtfang), die Unterschiede im Beginn und der Intensität des Frühjahrsfluges (siehe auch Busch (1999) und das späte Auftreten von *Myzus persicae* und *Macrosiphum euphorbiae* sind sehr wahrscheinlich auf die besonderen Witterungseinflüsse zurückzuführen. Zudem wirkte sicherlich die Auswahl der Versuchsfläche in nicht unerheblichem Maße ein. Während in Niedersachsen in beiden Jahren die Blattläuse einer Versuchsfläche des selben Betriebes zur Bestimmung kamen, stammen die Fänge in Schleswig-Holstein von zwei unterschiedlichen Betrieben. Die Versuchsfläche im Jahr 2001 war deutlich windoffener gestaltet und es fehlten Randstrukturen und Begleitvegetation, die den Blattläusen die Möglichkeit der Überwinterung und alternative Sommer-Wirte bieten konnten.

Die Grüne Pflirschblattlaus (*Myzus persicae*) ist aufgrund ihrer hohen Vektor-Effizienz und ihres großen Spektrums zu übertragender Viren nach Rieckmann (1999) mit Abstand die wichtigste Virusüberträgerin und wird nach Hebeisen (1998) entsprechend stark gewichtet. In vielen Untersuchungen konnte bei ihr die höchste Vektoreffizienz nachgewiesen werden. Das Aufkommen von *Myzus persicae* korrelierte nach Broadbent (1950) und Van Harten (1983), jedoch nicht mit dem Auftreten von PVY. Auch nach Weidemann (1988) war sie kein guter Indikator für den Infektionsdruck von PVY^N. Da diese Art erst spät auftritt, trägt sie jedoch nach Hebeisen (1998) im langjährigen Mittel nur mit einem Anteil von 24 % zum Vektordruck bei. Hohe Übertragungsraten wurden mit 70 % und 87 % von Proeseler und Weidling (1975) und Harrington und Gibson (1989) beobachtet, während diese Art nach De Bokx und Piron (1990) nur in 50 % der Fälle in der Lage war, PVY^N zu übertragen. Auch Harrington et al. (1986) und Sigvald (1987) beurteilten sie als sehr wichtigen Vektor für PVY. Im Zusammenhang mit dem Auftreten von PLRV hatte *Myzus persicae* früher eine höhere Bedeutung, damalige Schwellenwerte in der Gelbschale waren die Summe von 25 Läusen oder zwei Individuen an einem Tag (Piron et al. 1993). Im Vergleich zu anderen Arten ist *Myzus persicae* heute deutlich weniger vertreten (Sigvald 1992). *Myzus persicae* tritt selten und spät auf, ist aber hoch effizient. Im eigenen Versuch ist dieser Art wegen des geringen Vorkommens, trotz des gelb-sensitiven Verhaltens, vermutlich aber nur ein geringer Einfluss auf den Befallsdruck zuzusprechen.

In Jahren mit ungünstigen Witterungsverhältnissen, wie im Frühjahr 2001 sind Blattlausarten im Vorteil, die ein hohes Vermehrungspotential besitzen. *Aphis nasturtii* und *Aphis frangulae*, deren Auftreten unter *Aphis* spp. zusammengefasst ist, können auch aus geringen Anfangsbeständen rasch eine größere Population aufbauen (Rieckmann 2001b).

Besonders in Schleswig-Holstein ist das Vorkommen von *Cavariella aegopodii* möglicherweise von großer Bedeutung für den Virusbefallsdruck gewesen, ganz besonders, wenn man berücksichtigt, dass sich diese Art wenig gelb-sensitiv verhält. *Cavariella aegopodii* gilt grundsätzlich eher als wenig effizienter Vektor für PVY^N (Hoof 1980; Piron 1986; Thieme et al. 1998), auch wenn De Bokx und Piron (1985) bei einzelnen jedoch wenigen Individuen höhere Effizienzen als *Myzus persicae* nachweisen konnten.

Nach Erkenntnissen des Blattlauskontrolldienstes der FAL in Zürich-Reckenholz fiel der Auf-
lauf der Kartoffeln im Jahr 2001 mit dem Auftreten der Blattläuse zusammen (Valenta et al. 2001). Im Gegensatz dazu führten viele Autoren in Deutschland, wegen der nicht überdurchschnittlichen Virusausgangsbela-
stung (Erbe & Neubauer 2001b), die höhere Aberkennungsrate auf das relativ starke Auftreten von Kartoffelblattläusen bis in den August und das nicht sofortige Absterben der Bestände nach der Krautbeseitigung zurück (Busch 2001; Erbe & Neubauer 2001a; Krellig & Mehner 2003; Scholz & Erbe 2003; Scholz & Erbe 2004). Der hohe Virusbesatz auf den eigenen Versuchsflächen im Jahr 2001 (1,45 %) kann jedoch nicht eindeutig auf den Wiederaustrieb zurückgeführt werden, da dieser dort nach eigenen Bonituren nicht in stärkerem Maße auftrat als in den Vorjahren (Tab. 25, S. 67).

Möglicherweise könnten die späten Pflanztermine und eine damit einhergehende verzögert einsetzende Altersresistenz für die hohen Infektionsraten verantwortlich sein, zudem wird das weiterhin nasskalte Wetter einer raschen Pflanzenentwicklung entgegengewirkt haben. In Versuchen von Sigvald (1985) mit der Sorte Bintje in Schweden stellte sich heraus, dass spät gepflanzte Knollen (23 Tage nach Normalpflanzung, 8. Juni) Ende Juli noch eine sehr hohe

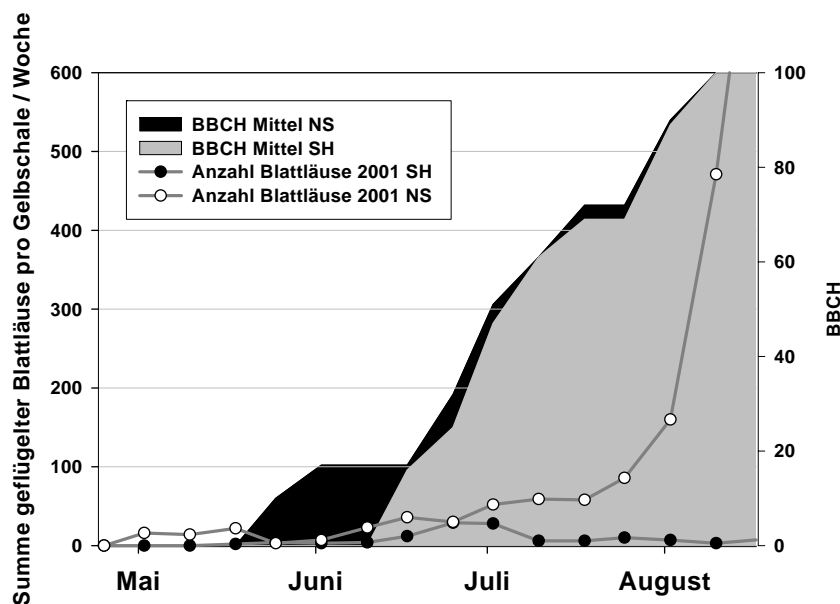


Abb. 40: Mittleres Blattlausflugaufkommen und BBCH-Stadien der Kartoffelbestände im Jahr 2001 und den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

Anfälligkeit für PVY^O besaßen, während in den anderen Jahren die Ausbildung der Altersresistenz schon im Juli anstieg und Anfang August fast vollständig ausgebildet war.

Das ursprüngliche Ziel der Versuchsanstellung, anhand von Regressionen zwischen Blattlausflugaufkommen und Virusbefall Schadschwellen definieren zu können, war mit dem vorliegenden

Datenmaterial nicht möglich. Grund dafür ist die starke Streuung der Viruswerte auch innerhalb der Wiederholungen, welche als Folge der sehr geringen Virusbelastung in den Versuchsjahren anzusehen ist (Rave 2006).

Zusammenfassung

Bei einzelbetrieblicher Betrachtung mit hohem Infektionsdruck aus dem Jahr 1999 zeigten sich deutlich reduzierte Virusgehalte nach frühem Grünroden. Die z.T. von den Arbeitshypo-

thesen abweichenden Ergebnisse könnten auf die möglicherweise unzureichende Anzahl von Testknollen zurückzuführen sein. Ein Versuch mit gesteigerter Testknollenanzahl bis auf 500 Knollen verdeutlicht den hohen Unsicherheitsfaktor im Verfahren. Im Jahr 2000 trat nach Zusammentreffen von Befallsflug und dem Auflauf vorgekeimter Partien ein erhöhter Virusbefall auf. Die Versuchsbetriebe in Schleswig-Holstein wiesen im Vergleich zu den Betrieben in Niedersachsen einen sehr hoch signifikant geringeren Anteil mit schweren Viren infizierten Erntegutes auf. Der Virusbefall des Erntegutes war im Jahr 1999 nach frühem sommerlichen Befallsflug am höchsten (n.s.) und im Jahr 2001 nach spätem Vektoraufreten etwas geringer, was möglicherweise auf die Wirkung von Wiederaustrieb und/oder verzögerter Altersresistenz zurückzuführen ist. Am niedrigsten fiel der Virusbefall im Jahr 2000 trotz einer hohen Befallsflugintensität im Frühjahr aus (n.s.).

Das Blattlausfluggeschehen ist als Folge eines komplizierten Einflussfaktorenkomplexes zu sehen, welcher im Wesentlichen der Temperatur, aber auch anderen das Makro- und Mikroklima betreffenden Faktoren und dem Einfluss von Antagonisten untersteht. Dabei ist zwischen befallsflugbeeinflussenden und –limitierenden Faktoren zu unterscheiden.

Das Blattlaus-Arten-Vorkommen ist deutlich durch die Fangmethode (Gelbschale) beeinflusst, wonach vorwiegend gelb-sensitive Arten zu finden waren. Ein geringer Anteil häufiger vorkommender Arten im Gesamtfang und die Dominanz einzelner Arten, welche zyklisch bedingt oder auf spezielle Anpassungen zurückzuführen sein können, finden sich auch in der Literatur. Einen Anteil von größer als 3 % im Gesamtfang hatten die unter *Aphis* spp. zusammengefassten Arten, *Macrosiphum euphorbiae* und *Capitophorus hippophaes*. Eine größere Artenvielfalt in Schleswig-Holstein wird auf größere Kulturartenvielfalt zurückgeführt. Die ungünstige Witterung im Frühjahr 2001 und unterschiedliche Umweltansprüche bzw. Anpassungsfähigkeiten der einzelnen Arten begrenzten sehr wahrscheinlich das Artenspektrum, während der Unterschied im Jahresfang der schleswig-holsteinischen Versuchsflächen auf einem Betriebswechsel beruht.

6.2 Erträge und Sortierung

Allgemein lagen die in den eigenen Untersuchungen erzielten Bruttoerträge im Mittel der Jahre für den ökologischen Landbau auf einem hohem Niveau. Nach Dreyer (1992) liegen die mittleren Erträge in der Praxis bei 150 bis 200 dt ha⁻¹. Nach einer Umfrage von Rahmann et al. (2004) auf 82 Betrieben wurden im Jahr 2002 mittlere Erträge von 178 dt ha⁻¹, im Dreijahresmittel von 230 dt ha⁻¹ berechnet.

Die Kartoffelerträge werden in der Regel maßgeblich durch den Befallsverlauf der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) bestimmt, welche nahezu jedes Jahr auftritt und in den meisten Fällen die Dauer der Vegetationsperiode bestimmt (Purmann 1997; Zellner 1999).

Im Vordergrund aller bisherigen Untersuchungen zum Grünroden und zu alternativen Verfahren der Krautminderung standen die Knollengesundheit und die Beschaffenheit des erzeugten Pflanzgutes. Ertragsparameter wurden in den Untersuchungen ab den 80er Jahren nicht publiziert (Turkensteen et al. 1989; Bouman 1990; Turkensteen et al. 1990; Bouman 1992; Specht & Peters 1992; Molema & Bouman 1992; Gall & Hofhansel 1992; Peters 1992; Boggert et al. 1995; Lootsma & Scholte 1996; Irla & Gaillard 1998; Wulf 1998; Kürzinger 1999b).

Bedingt durch die sofortige Trennung von Kraut und Knollen beim Grünrodeverfahren wird, im Gegensatz zum Krautschlagen, der Wachstumsprozess und damit jegliche weitere Ertragsbildung sofort und vollständig unterbunden. Je früher das Grünroden aufgrund hohem Virus-Befallsdruck eingesetzt werden muss, desto höher sind die damit verbundenen Ertragseinbußen. Diese stellen nach Benker (1989) hauptsächlich eine Reduzierung der Knollengröße dar. Auch Jeurink (2004) berichtete aus eigenen Versuchen, dass die Anzahl der Pflanzknollen im Zeitraum vom 9.-29. Juli nicht wesentlich zunahm.

Abb. 18 (S. 55) verdeutlicht für den Bruttoertrag in den eigenen Versuchen den starken Jahreseinfluss auf die Höhe der Ertragsminderung durch Grünroden. Am Beispiel des frühen Grünrodens (GR1) im Vergleich zur Kontrolle wurde für 1999 ein Minderertrag von 23,37 % ausgewiesen, für das Jahr 2000 lediglich 12,13 % und für das Jahr 2001 28,57 %. Die starke Ertragsminderung im Jahr 2001 wird besonders deutlich am signifikant geringeren Marktwareertrag. Dieser Effekt beruht auf dem späten Pflanztermin und der damit einhergehenden verzögerten Entwicklung der Kartoffelpflanzen in diesem Jahr. Daher war die Knollenmassenentwicklung zum Zeitpunkt des frühen Grünrodens noch nicht weiter fortgeschritten. Die Länge der Vegetationsperiode scheint somit in direktem Zusammenhang mit der Höhe der Mindererträge zu stehen. Relativ hohe Verluste traten in den Jahren 1999 und 2001 auf, in denen den Beständen bei frühem Grünroden im Mittel nur 92 und 87 Vegetationstage zur Verfügung standen, während im Jahr 2000 nach 102 Vegetationstagen die Verluste deutlich geringer ausfielen (Tab. 49 bis Tab. 51, Anhang, S. 139). Nach Moll (1981a) mindern frühe Rodungen und vorzeitiges Krautschlagen den positiven Effekt von Stickstoff und Wasser erheblich, da dessen nachhaltigste Wirkung erst gegen Ende der Vegetationsperiode (Mitte Juli bei frühen Sorten, Mitte August bei mittelspäten) eintritt.

In Bezug zu den eigenen Ergebnissen konnten vergleichbare Erträge auch von Goerlitz (1955a und b) bei Anwendung der holländischen Methode (Vorkeimen, Selektion, frühes Krautziehen) erzielt werden. Im Jahr 1952 lagen die Ertragsverluste im Mittel von 8 Sorten unterschiedlicher Reifegruppen am Standort Frankfurt bei 17,5 % und am Standort Bernburg bei 24,4 %. Die Krautminderung fand abhängig vom Blattlausbefallsflug analog zum eigenen Vorgehen zu vergleichbaren Terminen von 7.7. bis 2.9. statt. Höhere Ertragsverluste beobachtete Gabriel et al. (1973) mit mittelfrühen Sorten und Krautminderung vom 15.7. bis 24.7. (60 %) und vom 30.7. bis 9.8. (75 %). Dabei muß für die Betrachtung der Ertragsbildung zwischen den Reifegruppen unterschieden werden. Versuche von Hepting et al. (2003) mit sehr frühen und frühen Reifegruppen und einem Früh-Rodetermin vom 3.-7.7. ergaben nur geringe Unterschiede zwischen Bruttoertragsminderung (22 %) und der Reduzierung des Marktwareertrages (24 %).

Versuche von Münster (1958) mit Frühernte (85-110 Tage, angepasst an den Vektorflug) ergaben, dass diese Maßnahme zwar zu erheblichen Einbußen des Gesamtertrages führte, die Fraktion der Saatkollen aber dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt wurde. Nach Versuchen von Vogt (1959) verringerte sich der Bruttoertrag bei vorgekeimten Beständen, wie schon erwähnt, um 17,3 %, der Pflanzgutertrag wurde jedoch nur um 8,4 % verringert. Diese Aussagen bestätigen sich auch in den eigenen Ergebnissen, während die Bruttoerträge für frühes Grünroden stets signifikant geringer ausfielen, waren die Marktwareerträge nur im Jahr 2001 signifikant geringer (Abb. 20, S. 56).

In Niedersachsen werden im Kartoffelbau überwiegend höhere Erträge als in Schleswig-Holstein erzielt (Betz 2002). Die hohe Luft- und geringe Wasserkapazität leichter Böden führt im Frühjahr zu rascher Erwärmung und Stickstoffmineralisation (Vömel 1965). Das zeigt sich auch an den eigenen Ergebnissen (Abb. 17, S. 54). Im Jahr 2000 wurden in Sortenversuchen im ökologischen Anbau mittelfrüher Reifegruppen in Niedersachsen Rohrerträge von im Mittel 413 dt ha⁻¹ erreicht, während in Schleswig-Holstein nur Erträge von im Mittel 349 dt ha⁻¹ erzielt werden konnten (Paffrath 2000). Der Bruttoertrag der eigenen Versuche lag mit 327 dt ha⁻¹ in Niedersachsen und 284 dt ha⁻¹ in Schleswig-Holstein deutlich darunter.

Der 1999 sehr hoch signifikant höhere Brutto- und Marktwareertrag in Schleswig-Holstein ist in erster Linie auf das sehr gute Ertragsniveau eines Betriebes zurückzuführen (Abb. 20, S. 56). Dieser erzielte in der Variante Kontrolle vorgekeimt im Mittel 356 dt ha⁻¹ und bei nicht vorgekeimtem Pflanzgut 271 dt ha⁻¹ Marktwareertrag. Die anderen Betriebe in dieser Region erreichten jedoch im Mittel nur Marktwareerträge von 192 dt ha⁻¹ bei vorgekeimtem und 162

Ertrags- und Virusbefallsprognose mittels „TuberPro“

dt ha⁻¹ bei nicht vorgekeimtem Pflanzgut.

Aus der Literatur ist bekannt, dass besonders im ökologischen Landbau sehr starke Ertragschwankungen, z.T. bis zu 300 % und mehr, auftreten können (Lücke & Boguslawski 1983; Pommer & Munzert 1988; Stöppler et al. 1990; Kölsch & Stöppler 1990; Freyer 1991; Karalus 1995; Pagel & Hanf 1997). Neben dem Krankheitsdruck mit dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) spielen dabei die Jahreswitterung (besonders die Wasserversorgung) und die Nährstoffverfügbarkeit eine wichtige ertragsbegrenzende Rolle (Moll 1981a; Moll 1981b; Möller 2001; Schuhmann 2001). Auch die Erträge der eigenen Untersuchungen unterliegen deutlichen Schwankungen über die Jahre. 1999 wurden die höchsten Brutto- und Marktwareerträge erreicht, im Jahr 2001 die geringsten (Abb. 21, S. 57). Die Fraktion der Drillinge verhielt sich umgekehrt proportional.

Die Ernte der eigenen Versuche in Schleswig-Holstein fiel 1999 mit im Mittel 368 dt ha⁻¹ ungewöhnlich hoch aus (signifikante Wechselwirkung Jahr x Region), was an einem Betrieb mit außergewöhnlich hohen Erträgen lag. Auf den anderen Betrieben in dieser Region lag der mittlere Ertrag der Kontrolle bei 177 dt ha⁻¹. Nicht nur in Niedersachsen (Erbe & Neubauer 2000) führten fehlende Niederschläge zu vergleichsweise niedrigeren Erträgen und die Sommertrockenperiode (Tab. 9, S. 33) bewirkte hier 1999 an einigen Standorten Kettenwuchs und Kindelbildung. Laut des Agrareportes Schleswig-Holstein brachte die Ernte im Jahr 2000 trotz des trockenen und zu warmen Frühjahrs und des trockenen und warmen Herbstes unter konventionellem Anbau mit dem Jahr 1999 vergleichbar hohe Erträge (Anonymus 2001a). Im eigenen Versuch bewirkte die verhältnismäßig trockene Witterung in den ersten Wachstumsmonaten teilweise Wachstumsstress. Diese Trockenphase wurde erst im Juli durch neue Niederschläge beendet. Im Gegensatz zum Jahr 2000 führte die feuchte Witterung im Frühjahr 2001 zu späten Pflanzterminen (Tab. 51, Anhang, S. 141), da der Boden nicht befahrbar war. Zudem herrschten in diesem auch im weiteren Verlauf sehr feuchten Jahr ideale Bedingungen für die Kraut- und Knollenfäule. Nach Erbe und Neubauer (2001a) war der Wachstums- und Entwicklungsverlauf dementsprechend um mehr als 14 Tage verzögert (Erbe & Neubauer 2001a).

Zusammenfassung

Die im Versuch erzielten Erträge bewegten sich für den ökologischen Landbau auf einem hohen Niveau. Die signifikante Bruttoertragsminderung des Grünrodens ist auf die vorzeitige Unterbrechung des Wachstums der Kartoffelpflanzen zurückzuführen. Die Ertragsminderungen nehmen mit abnehmender Vegetationszeit zu. Die Standorte in Niedersachsen erreichten durch die besseren Bedingungen für den Kartoffelbau signifikant höhere Brutto- und Marktwareerträge. Geringere Erträge im Jahr 2000 und 2001 sind vermutlich auf anhaltende Sommertrockenheit (2000) und späte Pflanztermine (2001) zurückzuführen.

6.3 Ertrags- und Virusbefallsprognose mittels „TuberPro“

Das ursprüngliche Ziel, anhand der Ergebnisse Schadschwellen für den Einsatz des Grünrodens zu definieren, ist anhand des vorhandenen Datenmaterials nicht möglich gewesen. Welche Bedeutung den standörtlichen Einflüssen auf den Befallsdruck und dem Wiederaustrieb in Bezug auf den Virusbefall zukommt, sollte alternativ mittels des Prognosesystems „TuberPro“ dargestellt werden, das seit vielen Jahren in der Schweiz zur Bestimmung der Krautabtötungstermine eingesetzt wird. Das Modell verarbeitet sowohl Witterungsdaten und Blattlausfangwerte als auch standort- und bestandsbezogenen Parameter (siehe Kapitel 4.5, S. 36), welche für Betrieb 7 aus dem Jahr 1999 berechnet wurden.

Die Modellierung fand unter der Annahme der Übertragbarkeit des Modells auf Norddeutsche Verhältnisse und der grundsätzlichen Eignung des Faktors „itDELHK“ zur Abbildung von Wiederaustriebsereignissen statt.

Da die Blattlausfänge aus Gelbschalen, wie sie im eigenen Versuch erhoben wurden, im Vergleich zu Saugfallen nicht quantitativ auswertbar sind, ließ sich mit dem vorliegenden Datenmaterial kein direkter Zusammenhang zwischen dem akkumulierten Vektor-Befallsdruck und dem Virusbefall ermitteln. Alternativ wurden die Fangdaten der nächstgelegenen Saugfalle in Aschersleben und die dazugehörigen Witterungsdaten verwendet.

Die Berechnungen von „TuberPro“ zeigten für eine Pflanzgutpartie ohne Ausgangsbefall (amtliches Testergebnis 0 %) und einer virusanfälligen Sorte (Linda) den erwarteten Effekt einer Krautminderungsmaße in einem Jahr mit ausgeprägtem sommerlichen Blattlausflug (Abb. 22, S. 58). Innerhalb von 13 Tagen nahm der Befall laut Modell unter geringem vektorbedingtem Befallsdruck ($s_i=1$) ohne Wiederaustrieb von 0,42 % auf 7,95 %, nahe der Aberkennungsschwelle von 8 % schwerem Virus, zu. Im Gegensatz dazu zeigte Wiederaustrieb auf der selben Fläche unter sehr hohem Befallsdruck ($s_i=7$) einen deutlichen Effekt und ließ den Befallswert auch ohne Wiederaustrieb bis zum 3. August um 87,93 % ansteigen.

Zu berücksichtigen ist, dass das Modell nicht zwischen unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen unterscheidet und von optimaler Nährstoffversorgung und Pflanzenschutzmaßnahmen ausgeht (Nemecek 2007). Ein Vergleich mit dem im Versuch gemessenen Viruswerten des Standortes (Abb. 37, S. 73) lässt vermuten, dass für das Modell zur Prognose des Virusbefalls unter ökologischen Anbaubedingungen eine Anpassung erfolgen müsste. Zwar liegen die eigenen Testergebnisse der Kontrolle (entspricht hier Krautschlagen ohne Wiederaustrieb) unter hohem Befallsdruck von 4,00 % nahe der „TuberPro“-Prognose von 4,95 % (Abb. 37, S. 73) und auch nach Wiederaustrieb zeigt sich ein geschätzter Wert von 15,60 %, der dem nach Krautschlagen real gemessenen und beobachtetem Wiederaustrieb von 18 % sehr nahe kommt, der eigene Testwert von 25 % weicht jedoch völlig von den prognostizierten 87,93 % ab. Vermutlich wird über TuberPro die Wüchsigkeit des Bestandes deutlich überschätzt, während unter ökologischer Bewirtschaftung die Vegetation in der Regel aufgrund von Nährstoffmangel oder Befall durch *Phytophthora infestans* deutlich früher beendet wird und Altersresistenz eintritt.

Dieser Effekt ist sicher auch auf die Ertragsprognose von 544 dt ha⁻¹ am 3. August zurückzuführen, welcher für eine ökologische Bewirtschaftung nicht realistisch ist. Im eigenen Versuch wurde demgegenüber nach Krautschlagen ein mittlerer Bruttoertrag von 319 dt ha⁻¹ und von 282 dt ha⁻¹ nach spätem Grünroden erreicht. Beide Erträge liegen jedoch sowohl für ökologischen als auch konventionellen Anbau auf sehr hohem Niveau.

Um diese Hypothese zu untermauern bedarf es jedoch noch weiterer Untersuchungen mit mehreren Standorten und unterschiedlich hohen Befallswerten, was mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich war. Unsicherheitsfaktoren liegen in der Vergleichbarkeit des Vektor-Befallsdruckes der Versuchsfläche und dem Saugfallenstandort Aschersleben, sowie dem unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten sehr unsicheren Ausgangsbefallswertes des eingesetzten Pflanzgutes (amtliches Anerkennungsergebnis, keine eigene Testung). Beiden Eingangsvariablen kann im Rahmen der Prognose mit „TuberPro“ die größte Bedeutung zugesprochen werden (Nemecek 2007).

6.4 Merkmale der inneren und äußeren Knollenbeschaffenheit

6.4.1 Merkmale Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindelbildung, Keimfähigkeit



Abb. 41: Doppelhautbildung als Folge der Rodung nicht schalenfesten Pflanzgutes der Variante Grünroden früh

Die hohen Anteile doppelhäutiger Knollen bei der Variante Grünroden (Abb. 41) sind darauf zurückzuführen, dass die Knollen zum Zeitpunkt der Behandlung noch nicht schalenfest sind, denn die Rodefähigkeit (vergleichbar mit der „Daumenprobe“) wird erst ca. 20 Tage nach Absterben des Krautes erreicht (Bowen 1994). Eine mangelnde Bindungsfestigkeit der Schalen zum Knollengewebe bis zu diesem Zeitpunkt führt zum großflächigen Ablösen des Periderms. Je früher die Kartoffeln gerodet werden, desto empfindlicher ist die Schale.

Versuchsansteller wie Mulder et al. (1992) und Bouman (1992) konnten jedoch berichten, dass die Knollen nach Grünroden einen vergleichsweise ge-

ringen Grad an Verletzungen aufweisen. Während bei Bouman (1992) die Neigung zu Doppelhautbildung im Verlauf von 9-17 Tagen nach Krautminderung im Jahr 1991 noch eine Spanne von Index 7 bis 51 (0-100) umfasste, lag der Index im Jahr 1992 nach 10 Tagen nur noch bei 8. Dieser Effekt könnte auf einen aufgrund von Erfahrungen optimierteren Einsatz des Verfahrens zurückzuführen sein, wie er auch im eigenen Versuch festgestellt werden konnte (Tab. 22, S.60).

Irla und Gaillard (1998) berichteten demgegenüber, dass nach Grünroden ca. viermal mehr beschädigte Knollen auftreten als beim chemischen Vergleichsverfahren, welches in Bezug auf Knollenbeschädigungen dem Krautschlagen vergleichbar ist, wenn das Arbeitsgerät richtig eingestellt ist. Auch hier wurde nach dem Krautschlagen mit seitlicher Krautablage ein Roder der Firma Samka eingesetzt. Nach den eigenen Untersuchungen lag das Verhältnis doppelhäutiger Knollen nach Krautschlagen im Vergleich zu frühem Grünroden bei 7:1. Gall und Hofhansel (1992) kommen im Mittel von 2 Jahren auf einen Beschädigungswert von 54 % des Erntegutes, welcher den eigenen Ergebnissen von umgerechnet 63 % am nächsten kommt.

Versuche von Bouman (1990) und von Turkensteen et al. (1989) zeigten zueinander fast gleiche Ergebnisse (Turkensteen et al. 1989; Bouman 1990). In diesem Versuch wurde in einem Arbeitsgang grüngerodet. Der Roder verfügte bei Turkensteen et al. (1989) über eine Vorrichtung, die das Rollen der Knollen auf den Siebketten verhinderte, und das Kraut wurde seitlich abgeleitet. Die Maßnahme wurde in Anpassung an die amtlichen Tottermine durchgeführt. Zur Reife des Pflanzenbestandes zu diesem Zeitpunkt wurden jedoch im einzelnen keine Angaben gemacht. Direkt nach dem Grünroden waren bei Bouman (1990) 5,8 % der Knollen nicht, 71,2 % leicht, 19,7 % mäßig und 3,3 % schwer beschädigt. Als Zeichen für fortschreitenden Wundverschluss im Grünrodedamm traten 10 Tage nach der Rodung schon bei 62,4 % keine, bei 35,3 % leichte, bei 2,3 % mäßige und keine schweren Beschädigungen mehr auf. Auch Turkensteen et al. (1989) berichteten, dass von den Knollenschäden der ersten Rodung nach der Ernte nichts mehr zu sehen war. Im eigenen Versuch wurden jedoch auch bereits verschlossene Wunden noch als solche gewertet, was die Unterschiede zwischen den Ergebnissen erklärt. Hier war nur ein sehr geringer Teil (geschätzt auf unter 1 %) der Knollen nach dieser Definition verletzt. Im Weiteren kann der Effekt der Ernte im eigenen Versuch nur bedingt beurteilt werden, da er nicht maschinell, wie bei Bouman (1990) und Turkensteen et al. (1989), sondern besonders schonend in Handernte durchgeführt wurde.

Merkmale der inneren und äußeren Knollenbeschaffenheit

Der Frage, welche Folgen die durch Grünroden bedingte Beanspruchung auf die Pflanzguthatigkeit hat, wurde in den Jahren 2000 und 2001 anhand von Keimfähigkeitsuntersuchungen der Knollen nachgegangen (siehe Kapitel 5.6.1, S. 64). Somit kann nach sachgemäßer Lagerung zwar das äußere Erscheinungsbild des Pflanzgutes durch Doppelhautbildung getrübt sein, die Keimfähigkeit wird jedoch nicht negativ beeinflusst, was auch Specht und Peters (1992) und Turkensteen et al. (1990) bestätigen konnten.

Der Anteil an Doppelhautbildungen war im ersten Untersuchungsjahr tendenziell am höchsten und reduzierte sich in den Folgejahren (Tab. 22, S. 60). Dieser Effekt begründet sich vor allem in der deutlichen Reduzierung des Anteils nach Grünroden. Die tendenzielle Abnahme der Doppelhautbildung von 1999 auf 2000 um 12,6 % ist sehr wahrscheinlich auf die unterschiedliche Gerätetechnik in den beiden Versuchsjahren zurückzuführen. Im Jahr 1999 wurde das Grünroden in getrennten Arbeitsgängen durchgeführt und der eingesetzte Schwadleger wies bauartbedingt ein höheres Risiko zu Knollenverletzungen auf. Zudem reduzierte die starke Trockenheit zur Rodezeit den Anteil polsternder Erde auf den Siebketten, so dass trotz hoher Temperaturen die Gefahr von Beschädigungen bei der Ernte bestand. Im Jahr 2000 kam die knollenschonendere Grünrodeeinheit der Firma Samka (Abb. 2, S. 29) zum Einsatz. Durch die Ausstattung mit nur zwei kurzen Siebketten legten die Knollen weniger Strecke über die Siebkette zurück und das Grünroden konnte in einem Arbeitsgang absolviert werden. Durch diese Bauweise wird ein möglichst langanhaltendes Erdpolster auf den Siebketten sichergestellt, was den wichtigsten Faktor zur Minimierung von Knollenbeschädigungen darstellt. Grundvoraussetzung für ein beschädigungsarmes Roden ist ebenfalls eine optimale Geräteeinstellung. Im zweiten und dritten Versuchsjahr konnten die am Versuch teilnehmenden Landwirte möglicherweise von ihren Erfahrungen aus dem ersten Erntejahr profitieren, so dass sich vermutlich auch dadurch der Anteil an Doppelhautbildungen reduzierte.

Die eigentliche Gefährdung für das Erntegut nach dem Grünroden besteht in der Verletzung der Schale. Aus diesem Grunde wurde der Anteil fauler Knollen bonitiert. Verletzungen an den Knollen stellen dann Eintrittspforten für pilzliche und bakterielle Krankheitserreger, überwiegend Wundparasiten wie z.B. *Phytophthora*, *Erwinia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Phoma*, dar (Hunnus 1971; Turkensteen et al. 1989; Specht & Peters 1992; Halderson & Henning 1993; Muir & Bowen 1994). Dies bedingt z.T., vor allem in Abhängigkeit von Sorte und Witterung, eine erhöhte Gefahr der Fäulnisbildung während der Ausbildung der Schalenfestigkeit in den wieder aufgehäuften Grünrodedämmen, was zur Einschleppung fauler Knollen ins Lager führen kann. Nach Wigginton (1974) weisen jedoch unreife Knollen eine schnellere Wundheilung auf und die Lagerbedingungen im Schwad wirken sich aufgrund des erhöhten Sauerstoffgehaltes in den Dämmen vergleichsweise fördernd auf die Wundheilung und Schalenfestigkeit aus.

Eine explosive Entwicklung von Krankheitserregern ist u.a. nach Bouman (1992) durch absterbende Pflanzenreste bedingt, deren Menge im neugeformten Damm nach dem Grünroden den Anteil fauler Knollen entscheidend beeinflussen kann. Nach Van den Boggert (1995) wäre eine vollständige Trennung von Pflanzenresten und Knollen jedoch technisch nicht erreichbar.

Dem Ziel, den Infektionsdruck im Schwad möglichst gering zu halten, wirkt Grünroden eines mit Krautfäule befallenen Bestandes entgegen (Turkensteen et al. 1989). Deshalb empfohlen auch Gall und Hofhansel (1992) eine protektive Krautfäulebekämpfung. Unter ökologischer Bewirtschaftung, wie im eigenen Versuch, ist eine Infektion mit Krautfäule eher die Regel (Möller 2001) und die Ausbreitung des Pilzes kann nur vorbeugend durch Kupferbehandlung, in einem engem Rahmen der Anbau-Richtlinien und des Wirkungsgrades, verzögert werden. Die unter konventionellen Bedingungen durchgeführten Versuche können somit möglicherweise nicht den eigenen Ergebnissen unter ökologischer Bewirtschaftung gleichgestellt wer-

den.

Grüngerodete Knollen (seitliche Krautabfuhr) zeigten im konventionellen Anbau nach Bouman (1992) unter verschiedenen Bodenverhältnissen und künstlicher Inokulation mit dem Erreger *Phytophthora infestans* im Mittel einen sehr hohen Befall von 3,6 %, welcher im eigenen Versuch unter ökologischer Bewirtschaftung nicht bestätigt wurde. Möglicherweise spielen hier Unterschiede in Schalendicke und -stabilität eine Rolle. In der Bonitur wurde nicht zwischen den einzelnen Erregern unterschieden, jedoch betrug der gesamte Anteil fauler Knollen nur 0,62 % und war im Vergleich von Kontrolle und Krautschlagen tendenziell beim frühen Grünroden am geringsten, was auch im eigenen Versuch beobachtet werden konnte. Dieses Ergebnis stützen auch andere Untersuchungen. Nach Specht und Peters (1992) traten, selbst nach künstlicher Infektion verschiedener Sorten mit einem *Erwinia carotovora*-Stammgemisch während der Zwischenlagerung im erdbedeckten Schwad, keine Verluste durch Fäulnis auf (Zeitpunkt der Krautminderung Anfang bis Ende August). Irla und Gaillard (1998) stellten fest, dass Knollen aus Grünrodung im Lager praktisch keinen Fäulnisbefall zeigten. Kastelein et al. (1996) berichteten, dass Grünroden ebenfalls nicht zu höheren Befallswerten mit *Erwinia* führt. Von den Autoren wird jedoch betont, dass die Anwendung des Grünrodeverfahrens einen gesunden Kartoffelbestand erfordert, da eine große Restkrautmasse zusammen mit den Knollen vergraben wird. Zudem verlangsamen Grüne Stauden den Trocknungsprozess im Damm und damit die Wundheilung der Kartoffeln (Kürzinger 2003). Unter dem Gesichtspunkt, dass im eigenen Versuch unter ökologischer Bewirtschaftung in keinem Fall krautfäulefreie Bestände vorlagen, wurden sehr gute Ergebnisse erzielt.

Wie schon von Vogt (1959) berichtet, gab es auch im eigenen Versuch große Unterschiede bei den Anteilen fauler Knollen zwischen den einzelnen Versuchsflächen, die vermutlich auf Sorteneffekte in Bezug auf die Schalenbeschaffenheit (Lulai & Orr 1993) zurückzuführen sind. Besonders anfällig reagierte im eigenen Versuch die Sorte Leyla, welche eine sehr dünne Schale besitzt, auf einem schweren Standort in Schleswig-Holstein, die nicht vorgekeimt zur Ernte im Jahr 2001 19,71 % faule Knollen nach Grünroden aufwies, während in der Kontrolle nur 5,67 % zu finden waren.

Die Bonitur des Anteiles ergrünter Knollen ist im Zusammenhang der Versuche weniger unter dem Aspekt der Pflanzgutqualität zu betrachten, sondern vielmehr als Kriterium zur Verfahrensbeurteilung des Grünrodens anzusprechen, da gewährleistet werden sollte, dass nach der Maßnahme die Kartoffeln wieder ausreichend mit Erde bedeckt sind und keine Knollen aus dem Damm herausragen, welche z.B. durch Sonneneinstrahlung und Witterungseinflüsse geschädigt werden können. Der Anteil grüner Knollen war beim frühen Grünroden in hoch signifikantem Maße geringer, während zwischen spätem Grünroden und der Kontrolle keine signifikanten Unterschiede bestanden. Dies ist vermutlich auf die zu späteren Terminen vorliegende geringere Bodenfeuchte zurückzuführen, welche sich negativ auf die Stabilität des Bodengefüges auswirkt und dazu führen kann, dass die Knollen teilweise freigelegt werden. Die signifikante Wechselwirkung „Jahr x Behandlung“ ist durch einen schleswig-holsteinischen Betrieb im Jahr 2000 bedingt, auf dem bis zu 22 % grüne Knollen in allen Varianten auftraten, welche durch Bearbeitungsfehler verursacht wurden.

6.4.2 Merkmale *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*

Neben dem Besatz mit Sklerotien von *Rhizoctonia solani* (Wurzeltöterkrankheit) wurde auch der Befall mit Kartoffelschorf (Erreger *Streptomyces scabies*) bonitiert. Kartoffelschorf wirkt sich nach Scholte (1992) in einer verminderten Anzahl von Keimlingen und einer geringeren Knollenzahl pro Pflanze aus. Schorf am Kronenende führt zum Absterben der Keime und beeinflusst somit die Keimfähigkeit des späteren Pflanzgutes (Anonymus 2001b). Der von Gall & Hofhansel (1992) beobachtete geringere Schorfbefall nach dem Grünrodeverfahren konnte in den eigenen Untersuchungen nur für die Variante frühes Grünroden bestätigt wer-

den. Wenn die Grünrodedämme schlecht rückverfestigt werden, kann ein zu hoher Anteil luftführender Poren entstehen, der die Entwicklung von *Streptomyces scabies* fördert (Radtko et al. 2000), was besonders bei den trockenen Bodenverhältnissen in den Jahren 1999 und 2000 anzunehmen war. Besonders beim späten Grünroden traten mit abnehmender Bodenfeuchte und zunehmender Siebbarkeit des Bodens Probleme mit der Bedeckung der Knollen auf, was vermutlich dem positiven Einfluss des Grünrodens in Bezug auf Kartoffelschorf entgegen wirkte.

In den Versuchen zum Grünroden in den 90er Jahren wurde neben dem Befall mit Fäulnisregern das Hauptaugenmerk auf die Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*) gerichtet. Besonders die Knollengrößen 28 bis 45 mm werden durch diese Krankheit deutlich reduziert, so dass der Gewichtsanteil der Über- und Untergrößen relativ hoch ist (Heinze 1983; Hofferbert 1986). Die Art der Krautminderung kann nach Specht und Peters (1992) auch den Befall mit *Rhizoctonia solani* beeinflussen. Djist (1985) konnte in Gefäßversuchen nach Entfernen der Stängel einen starken Befall mit *Rhizoctonia*-Sklerotien beobachten. Nach alleinigem Abtrennen der Wurzeln nahm der Besatz noch weiter zu. Geringere Werte wurden erreicht, wenn Stängel und Wurzeln gemeinsam entfernt wurden (Dijst 1985), was dem Prinzip des Grünrodens entsprechen würde. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen stimmen nicht mit denen anderer Autoren überein, welche einen deutlich geringeren Befall mit *Rhizoctonia solani* nach Grünroden festgestellt hatten (Struik 1992; Molema & Bouman 1992; Gall & Hofhansel 1992; Lootsma & Scholte 1996), jedoch sind die Verfahrensweisen mit denen im eigenen Versuch nicht immer vergleichbar gewesen. Lootsma und Scholte (1996) simulierten in ihren Versuchen das Grünroden durch Krautentfernung von Hand, was technische Probleme, wie z.B. mangelhafte Krauttrennung, ausschließt. Molema und Bouman (1992) verwendeten nur Pflanzknollen mit leichtem Sklerotien-Ausgangsbefall und setzten zusätzlich das Fungizid Solacol ein. In den eigenen Versuchen dagegen war der Ausgangsbefall nicht einheitlich und z.T. als sehr hoch einzustufen.

Specht und Peters (1992) betonten besonders, dass Krautfreiheit im neuen Kartoffelschwad für einen minimalen Befall mit *R. solani* eine wichtige Voraussetzung ist. Werden Kraut und Knolle nicht aus dem Schwad entfernt oder bleiben Reste zurück, werden höhere Befallswerte mit *Rhizoctonia solani* erreicht (Turkensteen et al. 1989; Bouman 1992; Specht & Peters 1992; Mulder et al. 1992; Bouman & Molema 1993). Nach Ergebnissen von Struik (1992) und Molema und Bouman (1992) brachte jedoch die Entfernung des Krautes vom Feld keine zusätzlichen Vorteile für die Knollenbeschaffenheit. Im eigenen Projekt in sehr praxisorientierten Versuchsanlagen wurde festgestellt, dass, obwohl der Krautschläger bauseitig ein seitliches Krautabfuhrband hatte, das Kartoffelkraut nicht genau genug in der Dammfurche abgelegt werden konnte. Hierdurch kam es bei den darauffolgenden Arbeitsgängen oftmals zu einer Vermengung von Kraut und Knollen in dem neu aufgebauten Grünrodedamm, was für die vergleichbar hohen Befallswerte verantwortlich sein kann. Von diesem Problem berichteten auch Bouman und Molema (1993).

Im Vergleich zum Krautschlagen wirkte sich Grünroden nach Lootsma und Scholte (1996) im Jahr 1991 hemmend auf die Ausbildung von Sklerotien aus (Tab. 31), was sich im Jahr 1993 jedoch nicht bestätigte, weil wegen der geringeren Temperaturen die Sklerotienbildung schon vor der Krautminderung begann. Da der Befall mit *Rhizoctonia solani* im eigenen Versuch jedoch während der Vegetation nicht bonitiert wurde, kann dieser Grund für die eigenen Ergebnisse nicht verifiziert werden. Erhöhte Befallswerte nach Grünroden stellen jedoch keinen Einzelfall dar, auch Bouman und Molema (1993) konnten eine Zunahme von *Rhizoctonia solani* nach Krautschlagen feststellen, eine zusätzliche seitliche Krautabfuhr erhöhten den Sklerotienbesatz der Knollen jedoch nicht.

Merkmale der inneren und äußeren Knollenbeschaffenheit

Tab. 31: Befall der Ernteknollen mit *Rhizoctonia solani* (Index 0-100) nach Krautschlagen und Grünroden in den Jahren 1991 und 1993 nach Lootsma und Scholte (1996)

Methode	1991	1993
Krautschlagen	45	52
Grünroden (Kraut entfernt)	32	51
Grünroden (Kraut auf dem Boden)	34	49
Grünroden (Kraut im Boden)	22	51

Kartoffelschorf wird über einen hohen pH-Wert gefördert. Nach Versuchen von Cetas und Sawyer (1962) war in Parzellen dessen pH zwischen 4,3 bis 6,4 lag, der Schorfbefall gering (Cetas & Sawyer 1962). Die deutlich höheren pH-Werte der Böden (Tab. 32) an den Versuchsstandorten in Schleswig-Holstein erklären den Effekt des sehr hoch signifikant stärkeren Schorfbefalls (Abb. 26, S. 63). Obwohl die Bakterien generell in Niedersachsen

durch die höhere Luftkapazität und die geringere Wasserhaltekapazität der sandigeren Böden bessere Lebens- und Ausbreitungsbedingungen finden sollten (Lapwood & Hering 1970; Radtke et al. 2000), scheint demgegenüber hier der Einfluss des pH-Wertes bedeutender zu sein.

Tab. 32: Mittlere pH-Werte der Standorte in den Regionen Schleswig-Holstein (SH) und Niedersachsen (NS) der Jahre 1999-2001

	1999	2000	2001
Schleswig-Holstein	6,81	6,63	7,10
Niedersachsen	5,36	5,90	5,32

Der Index von 2,0 für *Rhizoctonia solani* muss als recht hoch eingestuft werden. Doch auch Kuprat (2002) konnte bei der Beprobung in Schleswig-Holstein ähnlich hohe Befallswerte (konventionell: 2,2; ökologisch: 2,5) bonitieren. *Rhizoctonia solani* hat in den letzten Jahren im ökologischen Kartoffelanbau generell stark zugenommen (Leopold 2002; Paffrath et al. 2003; Scholvin & Grocholl 2004), was möglicherweise in direktem Zusammenhang mit der Wirtschaftsweise steht.

Der Pilz lebt von abgestorbener organischer Sub-

stanz, die gerade im ökologischen Landbau systemimmanent ist. So werden dem Boden durch Kleegrasanbau, Wirtschaftsdünger und intensiven Zwischenfruchtanbau hohe Mengen organischer Substanz zugeführt, die für den Pilz ein ideales Nährsubstrat darstellen und zu einem Zielkonflikt (in Bezug auf die Bewirtschaftung) führen. Die Infektion im Frühjahr resultiert aus knollenbürtigem oder bodenbürtigem Inokulum (Lootsma & Scholte 1996). Dauerformen finden sich nach Boosalis & Scharen (1959) und Velvis (1992) an und in Pflanzenresten (Lootsma & Scholte 1996).

Die signifikante Wechselwirkung „Jahr x Region“ für *Rhizoctonia solani* begründet sich auf die Bonitur von Knollen im Jahr 2001 von zwei Standorten mit Extremwerten für dieses Merkmal. Betrieb 7 in Niedersachsen wies einen sehr geringen (1,6), Betrieb 5 dagegen einen besonders hohen Index (2,8) auf, was vermutlich auf Differenzen im Ausgangsbefall zurückzuführen war. Auch der Einsatz des Mittels FZB 24 (Wirkstoff: Rhizobakterium *Bacillus subtilis*) auf Betrieb 7 könnte hier eine Rolle gespielt haben. Ohne die Berücksichtigung dieser beiden Standorte wären die Differenzen der Mittelwerte sehr gering ausgefallen (SH: 2,03; NS: 2,10).

Zusammenfassung

Die Knollen befinden sich nach den Behandlungen insgesamt in einem guten Zustand. Dass die Qualität des Pflanzgutes durch die starke Beanspruchung beim Vorgang des Grünrodens nur äußerlich beeinträchtigt wird, zeigt sich darin, dass trotz hoher Anteile doppelhäutiger Knollen, keine Unterschiede im Anteil fauler Knollen oder der Keimfähigkeit festgestellt werden konnten.

Regionale Unterschiede in der Doppelhaut- und Kindelbildung und dem Auftreten grüner

Knollen sind auf die unterschiedliche Siebfähigkeit, Wasserhaltefähigkeit und Neigung zu Rissbildung der Böden in Schleswig-Holstein und Niedersachsen zurückzuführen. Der signifikant höhere Schorfbefall in Schleswig-Holstein wird mit den höheren pH-Werten der Böden in dieser Region in Verbindung gebracht. Während des Versuchsverlaufes abnehmende Anteile doppelhäutiger Knollen sind auf verbesserte Geräteeinstellung und Technik zurückzuführen.

Ein positiver Effekt auf das Pflanzgut in Form verringerten Schorfbefalls, wie er sich in anderen Untersuchungen zeigte, kann vermutlich nur bei ausreichender Stabilität der Bodenstruktur und ausreichender Rückverfestigung erreicht werden, was unter sehr trockenen Verhältnissen in Schleswig-Holstein nicht immer gegeben war. Lediglich der insgesamt sehr hohe Befall mit *Rhizoctonia solani* ist ungewöhnlich. Mangelnde Übereinstimmung der eigenen Ergebnisse in Bezug auf eine Verminderung des Befalls sind vermutlich auf Verfahrensunterschiede (geringer Ausgangsbefall, Fungizidanwendung) und mangelhafte Krauttrennung im eigenen Versuch zurückzuführen. U.U. kann, wie Lootsma und Scholte (1996) beschrieben haben, auch der Zeitpunkt des Beginns der Sklerotienbildung eine Rolle gespielt haben.

6.4.3 Lagerstabilität

Bei der Auswahl der Versuchsvarianten, die von der KTBL-Versuchsstation in Dethlingen nach 5-monatiger Lagerung geprüft wurden (siehe 4.4.2.4, S. 35), wurde davon ausgegangen, dass frühes Grünroden die Lagerstabilität aufgrund der Rodung bei noch nicht ausgebildeter Schalen und dem damit verbundenen erhöhten Risiko der Verursachung von Beschädigungen und Verletzungen negativ beeinflusst wird. Bisher liegen zum Fäulnisbefall grüngerodeter Knollen lediglich praxisnahe Ergebnisse vor, bei denen kein erhöhter Befall festgestellt wurde. Obwohl nach Müller (1975) während der Lagerung nach frühzeitiger Ernte ein erhöhter Stoffumsatz beschrieben wurde, wiesen die Knollenproben aus Versuchen von Irla und Gaillard (1998) nach einer 5-monatigen normalen oder fördernden Lagerung praktisch keinen Fäulnisbefall auf, während nach früheren Versuchen von Pfeffer (1959) nach der Lagerung krautgezogener Knollen z.T. von einem hohen Anteil nassfauler Knollen berichtet wurde. Bei der Bonitur der Merkmale Nassfäule und Trockenfäule wurde nicht weiter zwischen den Erregern unterschieden. Es ist aber anzunehmen, dass es sich bei trockenfaulen Knollen um *Fusarium*-Infektionen handelte, während bei nassfaulen Knollen *Erwinia* zu erwarten war.

Die Gewichtsverluste lagen im Mittel der Betriebe in allen 3 Untersuchungsjahren auf vergleichbarem und mittlerem Niveau von 2,5 bis 4,5 %. Für die in Schleswig-Holstein signifikant höheren Anteile, die sich auch in den Einzelverrechnungen für die Jahre 1999 und 2001 bestätigten, ist nach Analyse der Rohdaten im Wesentlichen ein Standort in Schleswig-Holstein (Betrieb 5), welcher die Sorte Leyla verwendete, verantwortlich. Obwohl diese, zu Gewichtsverlusten neigende (Hofferbert 2007) Sorte auch im Jahr 1999 in Niedersachsen angebaut wurde, fiel sie hier nicht negativ auf, was vermuten lässt, dass mit Leyla nur auf schweren Standorten hohe Gewichtsverluste zu erwarten sind und die hier stärkere Beschädigungsgefahr durch Steine und Kluten beim Roden in Verbindung mit der bei Leyla besonders dünnen Schale zu erklären wäre. Zudem wurden in Schleswig-Holstein in allen Jahren vermehrt frühe Sorten angebaut, welche sich im Lager in der Regel weniger stabil verhalten und höhere Gewichtsverluste aufweisen. Auch könnte der im Jahr 1999 und 2001 an einigen Standorten in Schleswig-Holstein (1999: Betrieb 2,3,4; 2001: Betrieb 1) auftretende Befall mit Silberschorf (*Helminthosporium solani*) am Erntegut für den höheren Anteil von Gewichtsverlusten verantwortlich sein. Mit Silberschorf befallene Knollen können im Lager Gewichtsverluste von bis zu 5 % verursachen (Radtko et al. 2000).

Die Hypothese verminderter Lagerstabilität durch Grünroden ließ sich mittels der Versuchsergebnisse nicht bestätigen, obwohl anhand der Doppelhautbildungen verdeutlicht werden konnte (vgl. Kap. 0, S. 57), dass sich die Knollen in Bezug auf die Beschädigungsempfind-

Wiederaustrieb

lichkeit sehr hoch signifikant unterscheiden (Abb. 23, S. 59). Nach Versuchen von Burton (1972) erleiden unreife Knollen höhere Wasser-Verluste als reif geerntete. Die Gesamtverluste durch die Lagerung befanden sich jedoch auf einem recht niedrigen Niveau, so dass die Lagerstabilität als gut bezeichnet werden konnte.

Der Anteil der gekeimten Knollen war im Mittel mit 0-0,55 % für die Versuchsperiode insgesamt sehr gering. Hohes physiologisches Alter, bewirkt u.U. ein vorzeitiges Austreiben der Augen während der Lagerung. Die signifikant höhere Keimrate der Knollen im Jahr 1999 geht auf einen schleswig-holsteinischen Standort mit der als sehr früh eingestuften Sorte Vellox zurück (Kontrolle 1,5 %, Grünroden früh 2,9 %).

Zusammenfassung

Die Lagerstabilität kann insgesamt als gut bezeichnet werden. Regionale Unterschiede bei den Gewichtsverlusten beziehen sich vermutlich auf Sortenaspekte und dem Einfluss von Silberschorf. Die signifikant höhere Keimneigung im Jahr 1999 ist vermutlich auf die höheren Temperaturen und das daraus resultierende höhere physiologische Alter der Ernteknollen zurückzuführen.

6.5 Wiederaustrieb

Wiederaustrieb tritt in verstärktem Maße auf, wenn die Krautminderung vor Einsetzen des natürlichen Alterungs- und Absterbeprozesses des Bestandes durchgeführt wird. Der Beginn der Krautalterung ist u.a. abhängig von der Sorte, der N-Versorgung und dem Witterungsverlauf. Niederschläge nach einer längeren Trockenperiode und hohe Temperaturen können nach Bodlaender (1964) die Pflanze zur Rückkehr vom knollenbildenden in ein allein „vegetatives“ Stadium veranlassen. Die Intensität des Wiederaustriebs nimmt mit fortschreitender Abreife des Bestandes ab (Specht & Peters 1992). Nach Arenz (1959) sind Bestände jedoch nach mechanischer Krautminderung fast immer wiederaustriebsgefährdet.

Die jungen Triebe wirken besonders attraktiv auf Blattläuse und die Abwanderungsgeschwindigkeit von Virus-Infektionen in die Knollen verkürzt sich aufgrund des kurzen Weges und stärkerer physiologischer Aktivität erheblich (Bothe 1972; Scholz & Erbe 2004). Nach Versuchen im Rahmen der Pflanzgutenerkennung von Kürzinger und Kürzinger (1999a, 2001) wurde durch Wiederaustrieb der Anteil PVY belasteter Knollen um 4-5 % erhöht.

Eine ungenügende Krautminderung durch Krautziehen oder -schlagen kann ebenfalls zu einer beschleunigten (Virus-)Abwanderung führen. Dwelle et al. (1983) stellten fest, dass eine partielle Krautabtrennung bei Kartoffeln zu einer Erhöhung der photosynthetischen Leistung der verbliebenen Blätter führt, was einen verstärkten Assimilatstrom, und damit eine beschleunigte Virusabwanderung, nach sich ziehen würde.

Im Gegensatz zu Erfahrungen aus der Praxis konnten in den eigenen Versuchen Unterschiede zwischen Beständen aus vorgekeimtem und nicht vorgekeimtem Pflanzgut statistisch nicht abgesichert werden, obwohl das Datenmaterial dies vermuten ließ (Tab. 25, S. 67). In Jahren, in denen die Unterschiede der Pflanzgutvorbereitung im Feld deutlich sichtbar waren (1999, 2000), zeichnen sich Unterschiede in der Anzahl wiederausgetriebener Pflanzen ab. Die tendenziell geringere Neigung von Pflanzen aus vorgekeimtem Pflanzgut zu Wiederaustrieb ist auf den Wachstumsvorsprung zurückzuführen und der damit früher einsetzenden natürlichen Abreife. Der Wiederaustrieb ist umso stärker, je physiologisch jünger die Pflanzen sind. Durch das Vorkeimen erreichen die Pflanzen frühzeitiger die physiologische Alterung und verfügen zum Zeitpunkt des Krautschlagens über eine geringere Triebkraft als die nicht vorgekeimten Kartoffelpflanzen.

Zusammenfassung

Die große Bedeutung des Wiederaustriebs ist für die Pflanzguterzeugung neben der größeren

N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Attraktivität der Pflanzen auf Blattläuse in der durch sie beschleunigten Abwanderungsgeschwindigkeit von Viren in die Knollen begründet. Sie kann durch zu frühe oder unvollständige Krautminderung verursacht werden. Über die generell frühere Abreife vorgekeimter Bestände wäre hier ein geringerer Anteil wiederausgetriebener Pflanzen zu erwarten gewesen, welcher sich jedoch nur in der Tendenz bestätigte.

6.6 N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Die N_{min}-Probenahme über die Herbst-Winterperiode sollte Aufschluss über die Intensität der N-Mineralisation in Abhängigkeit von Region und den Krautminderungsverfahren, sowie den damit verbundenen Erntezeitpunkten geben. Mittels der N_{min}-Beprobung lassen sich die gegenläufigen Prozesse von Stickstoff-Mineralisierung, Pflanzenentzug und dem Austrag aus dem System jedoch nicht unterscheiden. Die Gründe von Messwertdifferenzen zwischen den Terminen über die Zeit können daher nur vermutet werden. Anhand des Datenmaterials lässt sich jedoch die potentielle N-Austrags-Gefährdung der Standorte abschätzen.

Der aus der Literatur bekannte Anstieg der N_{min}-Werte nach der Ernte von Kartoffeln (Dilz 1988) bestätigte sich auch in den eigenen Ergebnissen. Gründe für hohe N_{min}-Werte liegen in der Kultivierungsbesonderheit der Kartoffel (Jaeggli 1984). Verantwortlich für den Anstieg der N_{min}-Werte ist die Anregung von Mineralisationsprozessen und der Nitrifikation aufgrund der intensiven Durchlüftung des Bodens im Rahmen der Ernte (Goss et al. 1988; Götz-Huwe et al. 1989; Hütsch 1991; Werner 1992; Möller & Reents 1995; Haas et al. 1998). Die Messwerte im Herbst (Mitte Oktober) bis maximal 111 kg N_{min} ha⁻¹ (Abb. 34, S. 68) liegen etwas oberhalb derer von Miersch und Vetter (1999) errechneten Mittel der Vorwinter N_{min}-Werte von 93 kg/ha, die aus 18 verschiedenen Quellen aus ökologischer Bewirtschaftung entnommen wurden.

Die Spanne der unter ökologischer Bewirtschaftung im Herbst nach der Kartoffelernte auftretenden N_{min}-Werte ist, abhängig von Standort, dem Zeitpunkt der Probenahme und dem Versuchsjahr, sehr groß und reicht von 43 kg N_{min} ha⁻¹ auf leichten Böden im Oktober bis zu 235 kg N_{min} ha⁻¹ auf schwerem Boden im November (Walther 1990; Stein-Bachinger 1993; Alföldi et al. 1993; Timmermann et al. 1995; Kainz et al. 1997; Reents & Möller 1997; Haas et al. 1998; Miersch & Vetter 1999; Kotnik & Köpke 2001).

Die Mineralisierung nach der Ernte und die nachfolgende Abnahme von N_{min} in der Beprobungstiefe von 0-90 cm ab Mitte November lassen sich anhand der dargestellten Messreihe verfolgen (Abb. 34, S. 68). Auch kann auf N-Verlagerungsprozesse in tiefere Bodenschichten geschlossen werden. Bis Mitte Oktober fand eine tendenzielle Zunahme der N_{min}-Werte in der Tiefe 0-30 cm von 45 auf 47 kg N_{min} ha⁻¹ statt. Zu diesem Zeitpunkt ließ sich auch eine Anreicherung in der Bodentiefe 30-60 cm beobachten, während sie in der Tiefe 60-90 cm erst ab Mitte Dezember stattfand.

Nach Vömel (1965) ergibt sich für jeden Boden ein typisches Bild des Sickerungsverlaufes. Bodenunterschiede treten mit zunehmender Trockenheit mehr zu Tage (Vömel 1965). Die Nitrat-Auswaschungsgefahr der Böden steigt von Löss über Lehm und Ton bis zum Sand. Unterschiedliche Wassersickerungen bei gleichen Niederschlägen sind auf die Feldkapazitäten der Böden zurückzuführen, welche sich auch auf die Wasserverfügbarkeit für die Winterfrucht auswirken. Auf schwerem Boden finden Austräge in der Regel im Frühjahr, auf leichtem Boden schon im Herbst statt. Nach Scharpf (1977) spiegeln sich in den N_{min}-Werten Bewirtschaftungsmaßnahmen, Bodeneigenschaften und Witterungsverläufe (Scharpf 1977) und dabei sind nach Alföldi et al. (1992) Fruchtfolge und Witterung als wichtigste Einflussfaktoren auf die N_{min}-Gehalte zu betrachten (Alföldi et al. 1992).

Erwartungsgemäß zeigen sich im Vergleich zur Kontrolle nach frühem Grünroden höhere N_{min}-Gehalte im Boden (Abb. 35, S. 68). Nach der Ernte der Versuchspartzellen konnte auch

N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

im Zeitverlauf eine signifikant bis sehr hoch signifikante N_{min}-Differenz zwischen Kontrolle und frühem Grünroden gemessen werden (Abb. 36, S. 69), welche Mitte Oktober (höchste Summe in der Tiefe 0-90 cm) 36 kg N_{min} ha⁻¹ betrug. Mit dem Einsatz des Grünrodens wird dem Acker durch das Krautschlagen gerade bei frühzeitigem Einsatz zudem eine hohe und stickstoffhaltige Krautmenge zugeführt. Das Schwadlegen mit anschließendem Häufeln ist einer zusätzlichen intensiven Bodenbearbeitung gleichzusetzen. Nach Alföldi et al. (1992) hat der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung und somit auch der des Grünrodens im Vergleich zur Düngung einen deutlichen Einfluss auf die Höhe der N_{min}-Werte nach Kartoffeln (Alföldi et al. 1992). Hohe N_{min}-Gehalte im Boden bergen die Gefahr der Nitratverlagerung in das Grundwasser, was die Zunahme der N_{min}-Gehalte in der Bodenschicht 60-90 cm bei gleichzeitiger Abnahme der N_{min}-Gehalte in den oberen Bodenschichten nahe legt (Abb. 34, S. 69). Zur Beprobung Mitte April wiesen beide Behandlungen ähnliche N_{min}-Gehalte aus, was auf einen Verlust des durch Grünroden mineralisierten Nitrats hindeutet. Auch Irla und Gaillard (1998) erwähnten zusätzliche N-Verluste durch die mechanische Bodenbeanspruchung nach dem Grünroden.

Der Gefahr der Auswaschung von Nitrat nach frühem Grünroden sollte in jedem Falle durch N-konservierende Maßnahmen zu begegnet werden. Das in den meisten Fällen nach Kartoffeln folgende Getreide nimmt vor dem Winter jedoch oft nicht genügend Nitrat auf (Reents et al. 1997), nach Faßbender (1998) sind dies beim Winterroggen unter ökologischer Bewirtschaftung maximal 20 kg N ha⁻¹. So konnten Reents et al. (1997) nach Kartoffeln eine N-Verlagerungsfront bis Ende des Jahres auf 60-70 cm beobachten, die sich über Winter bei ausreichend Niederschlag bis unter 90 cm ausdehnte. Erfolgreicher Zwischenfruchtanbau kann jedoch die Vorwinter-N_{min}-Gehalte deutlich reduzieren (Möller & Reents 1995; Kainz et al. 1997; Miersch & Vetter 1999). Nach den im Kartoffelanbau üblichen Ernteterminen im September ist es zudem meist zu spät für eine erfolgreiche Zwischenfruchtetablierung (Berg et al. 2005). Da der Einsatz des Grünrodens jedoch eine deutliche Vorverlegung der Ernte in den Bereich Mitte bis Ende August impliziert, besteht hier nach der Ernte die Möglichkeit der Aussaat einer Zwischenfrucht wie z.B. Ölrettich oder Senf mit dem Vorteil, dass diese sich noch entsprechend gut entwickeln kann (Berg et al. 2005). Auf diese Weise kann der mineralisch verfügbare Bodenstickstoff in der Pflanzen- und Wurzelmasse der Zwischenfrucht gespeichert werden. Heß (1994) z.B. konnte mit frühem Klee grasumbruch und nachfolgender Zwischenfrucht Gelbsenf den Vorwinter-Nitrat-Wert im Boden durch entsprechende N-Aufnahme des Senfs von 150 auf 75 kg N ha⁻¹ reduzieren.

Brassicaceen sind besonders Stickstoff zehrende Früchte, z.B. kann Raps vor dem Winter ca. 100 kg N ha⁻¹ aufnehmen (Heß 1990; Faßbender 1998). Wenn es der Standort erlaubt, könnte auch der Anbau von Winterraps eine sinnvolle Ausnutzung des mineralisierten Stickstoffs bieten. Raps wird jedoch wegen seiner zahlreichen im ökologischen Landbau schwer zu regulierenden Schädlinge bisher selten angebaut. Wegen des vergleichsweise hohen N-Bedarfes steht dieser zudem weniger gut auf leichten Böden.

N_{min}-Gehalte im Bodenprofil während der Herbst-/ Winterperiode

Tab. 33: Mittlere Temperaturen im September der Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 und 2000

Jahr	Mittlere Temperatur (°C)	
	Schleswig-Holstein	Niedersachsen
1999	16,8	17,5
2000	13,8	14,0

(409 mm) messen.

Der in Niedersachsen 1999 gemessene N_{min}-Gehalt von 47,48 kg ha⁻¹ unterschied sich signifikant zu dem im Jahr 2000 und den Messwerten aus Schleswig-Holstein in beiden Jahren (Tab. 26, S. 70). Vermutlich traten daraufhin auch beim Hauptfaktor Region tendenziell höhere N_{min}-Werte von 16 kg N_{min} ha⁻¹ im Oberboden auf. Die höheren Messwerte lassen sich wahrscheinlich auf die 1999 um 0,7 °C höheren mittleren Temperaturen nach der Ernte im September in Verbindung mit der schnellen Erwärmung der leichteren Böden in dieser Region zurückführen (Tab. 33), welche die Mineralisierungsprozesse im Boden anregen. Auch Alföldi et al. (1992) und Stein-Bachinger (1993) beschrieben den Einfluss der Temperatur (hier im Bezug mit dem Rodetermin) auf den N_{min}-Gehalt im Boden. Der 1999 im Vergleich zum Jahr 2000 signifikant höhere N_{min}-Gehalt in der Bodentiefe von 0-30 cm (Tab. 27, S. 70) lässt sich vermutlich ebenfalls auf die Temperaturunterschiede beider Jahre zurückführen.

Tab. 34: Mittlere Niederschlagssummen über den Zeitraum der winterlichen N_{min}-Beprobung der Standorte in Schleswig-Holstein und Niedersachsen in den Jahren 1999 und 2000

Jahr	Niederschlagssumme (mm)	
	Schleswig-Holstein	Niedersachsen
1999	546	487
2000	405	386

Nach Vömel (1965) hängt das Auswaschungs- bzw. Verlagerungspotential an Nitrat über den Winter in hohem Maße vom Gehalt im Boden und von der Jahreswitterung ab. Den dominierenden Einfluss der Niederschläge bestätigen auch andere Autoren in ihren Untersuchungen (Widdowson et al. 1987; Goss et al. 1988; Günther-Borstel et al. 1993; Timmermann et al. 1995; Reents et al. 1997). Goss et al. (1988) konnte in England und Wales durch die Beprobung von Drainabfluß auf lehmigen Standorten von 1981-1986 N-Verluste von 2,7 kg N ha⁻¹ im trockensten Jahr 1984 (325 mm) und bis zu 73,1 kg N ha⁻¹ im Jahr mit den meisten Niederschlägen 1983

Im Jahr 1999 konnten zudem im Vergleich zum Jahr 2000 in beiden Regionen um 101-141 mm höhere Niederschlagssummen gemessen werden (Tab. 34). Diese Bedingungen lassen einen Zusammenhang mit der signifikanten Abnahme (Wechselwirkung „Termin*Jahr“) der N_{min}-Werte von November bis Dezember vermuten, welche im Jahr 2000 nicht zu beobachten war.

Zusammenfassung

Wie viele andere Untersuchungen zeigen, konnten nach der Kartoffelernte durch Mineralisationsprozesse aufgrund der Bodenbewegung vergleichsweise hohe N_{min}-Werte gemessen werden, welche im Herbst zur Verlagerung von N_{min} im Bodenprofil und zur Auswaschung führen können. Nach Grünroden kann und sollte diesem in jedem Falle mit geeigneten N-konservierenden Maßnahmen begegnet werden, da aufgrund des früheren Erntetermins (im Fall von frühem Grünroden ab Mitte August) die freigesetzten Nährstoffe durch Zwischenfrüchte aufgenommen und konserviert werden können. In Niedersachsen traten im Jahr 1999 vermutlich wegen der leichteren Böden in Zusammenhang mit höheren Temperaturen und mehr Niederschlägen geringere N_{min}-Werte auf als in Schleswig-Holstein, so dass die Gefahr der Auswaschung in Niedersachsen höher einzuschätzen war. 1999 fanden sich zudem vermutlich durch den um 16 Tage früheren Erntetermin vergleichsweise hohe Werte in der Tiefe 0-30 cm.

6.7 Schlussbetrachtung und Ausblick

6.7.1.1 Verfahrensbeurteilung und Einsatzkriterien

Das Verfahren des Grünrodens hat sich im Versuch zur Erzeugung von Pflanzgut unter ökologischer Bewirtschaftung als praxistauglich erwiesen und ist bei ausreichendem Befallsdruck immer dann zu empfehlen, wenn nach Krautschlagen die Gefahr des Wiederaustriebs besteht und der Schutz des Pflanzgutes monetär oder ideell die Inkaufnahme der Verfahrensnachteile rechtfertigt, d.h. wenn z.B. dem Vermehrer aufgrund zu hohem Anteil viruskranker Knollen eine Aberkennung der Pflanzgutbestände droht oder die Gesunderhaltung der Partie einen sehr hohen Stellenwert hat.

Ein für einen sinnvollen Einsatz des Grünrodens ausreichender Befallsdruck war in der Versuchsperiode 1999-2001 jedoch nur im Jahr 1999 an einzelnen Standorten gegeben. In nur einem Fall (1999, Niedersachsen, Betrieb 7, siehe Abb. 37, S. 73) wurde eine Pflanzgutpartie aberkannt.

Im Versuch brachte Grünroden in „relativen Gesundlagen“ keine Vorteile im Vergleich zum praxisüblichen Krautschlagen oder natürlicher Abreife (Kontrolle). Obwohl durch Grünroden in den untersuchten Jahren keine signifikante Reduzierung des Virusbefalls nachgewiesen werden konnte, lag dieses Ergebnis jedoch tendenziell vor und würde sich vermutlich unter höherem Befallsdruck bestätigen.

Besondere Vorteile hat Grünroden gegenüber dem praxisüblichen Krautschlagen:

- bei sehr früh einsetzendem und starkem sommerlichen Vektorflug (z.B. in Abbaulagen oder Standorten mit hohem Befallsdruck),
- bei spätreifen virusanfälligen Sorten,
- bzw. allgemein, wenn der Absterbeprozess des Krautes noch nicht eingesetzt hat und die Gefahr des Wiederaustriebs nach Krautschlagen bestehen würde.

Nachteile entstehen durch:

- höhere Verfahrenskosten durch Spezialgerät, verringerte Fahrgeschwindigkeit oder mehrfache Überfahrten
- Ertragsausfall durch Unterbrechung der Vegetation
- mögliche Minderung der Pflanzgutqualität durch Beschädigung der noch nicht schalenfesten Knollen (Sortenempfindlichkeit beachten!).

Tab. 35: Kosten des überbetrieblichen Einsatzes unterschiedlicher Krautmindevsverfahren pro ha (Marsch 2001)

	Komplett inkl. Schlepper	Gerätekosten
Krautschlagen	41€	20€
Unterschneiden	72€	41-46€
Grünroden	143€	72€

Ein rentabler Einsatz der Grünrodetechnik richtet sich jedoch immer am Erlös für das erzeugte Pflanzgut aus, welcher i.d.R. durch deren Knappheit bedingt ist, und den Möglichkeiten, aberkannte Partien alternativ zu vermarkten oder im eigenen Betrieb zu verwenden, da Grünroden die Verfahrenskosten im Vergleich zum Krautschlagen i.d.R. verdoppelt (Tab. 35).

6.7.1.2 Verfahrensoptimierung:

Die Trennung der Knollen vom Rest der Pflanze beim Grünroden funktioniert i.d.R. problemlos. Nur bei extrem frühem Einsatz (z.B. Sorte Aula, EC 93) verblieben die Knollen z.T. an den Stolonen. Die Trennung vom Kraut machte jedoch in keinem Fall Probleme.

Wegen der Gefahr des vermehrten Auftretens von Krankheiten wie *Rhizoctonia* oder *Erwinia* wird angestrebt, die Knollen ohne Pflanzenreste zu bedecken. Mit dem verwendeten Gerät konnte dies jedoch nicht erreicht werden, was auch Van den Boggert (1995) aus einem praxisnahen Versuch berichtete. Die seitliche Krautabfuhr ermöglichte es nicht, das Kraut direkt in der Furche abzulegen, sondern dieses landete zum Teil auch wieder im Schwad und wurde so mit dem Roder aufgenommen und zusammen mit den Knollen abgelegt. U.U. könnte hier eine Konstruktion aus Leitblechen hilfreich sein. Zusätzliche Vorteile könnte auch die 4-reihige Schwadablage bringen, die mehr Raum für die Krautablage bietet. Findet das Grünroden in einer Überfahrt statt, wäre es möglich, so zu planen, dass das Kraut auf den fertigen Schwaden abgelegt wird.

In Bezug auf den Befall mit *Rhizoctonia solani* wurden in Praxisversuchen von Bouman und Molema (1993) beim Grünroden nach vorherigem Krautziehen deutlich bessere Ergebnisse erreicht als nach Krautschlagen. Dieses Verfahren ist jedoch nur bei dammmittig stehenden Pflanzen ohne Furchenlagerung im Frontanbau zu empfehlen. Auch als Alternative zum alleinigen Krautschlagen könnte Krautziehen unter den genannten Voraussetzungen dienen, was auch Versuche von Djist nahe legen. Ziehen des Krautes führte beim frühen Behandlungszeitraum im Vergleich zum Krautschlagen zudem zu einer rascheren Ausprägung der Schalenfestigkeit (Bowen 1994).

Eine Abtrocknungsphase zwischen Roden und Zudecken minimierte nach Versuchen von Specht und Peters (1992) den *Rhizoctonia*-Sklerotien-Befall. Der Besatz lag bei den „später zugedeckten“ Knollen in beiden Jahren etwas unterhalb der Werte für die Variante „gleich zugedeckt“. Durch die zeitliche Trennung zwischen dem Schwadlegen und Zudecken der Kartoffeln wird zwar ein zusätzlicher Arbeitsgang notwendig, doch die Knollen können vor der erneuten Erdbedeckung vollständig abtrocknen und behalten zudem eine hellere Schalenfarbe.

Die frühe künstliche Unterbrechung der Vegetation und die mit dem Grünroden verbundene zweimalige Bodenbewegung bei vergleichsweise hohen Temperaturen gehen mit verstärkten Mineralisierungsprozessen im Boden einher. Einer möglichen Nitratauswaschung ist besonders auf leichten Standorten durch Zwischenfruchtanbau vorzubeugen. In der Regel ist dies durch die vorverlegte Ernte noch gut möglich. U.U. böte hier auch das Verfahren der Rodesaat (Buchner et al. 1997) die Möglichkeit einer zügigen Zwischenfruchtetablierung.

7 Zusammenfassung / Summary

7.1 Zusammenfassung

Zielsetzung der Arbeit war die Beurteilung der Einsatzmöglichkeit des Grünrodens zur Pflanzguterzeugung unter ökologischen Anbaubedingungen im Vergleich mit dem praxisüblichen Verfahren des Krautschlagens. Mittels Grünroden kann Wiederaustrieb, der nach frühem Krautschlagen auftreten kann und mit der Gefahr von Virusspätinfektionen verbunden ist, ausgeschlossen werden. Unter Berücksichtigung der Häufigkeit von Wiederaustrieb nach Krautschlagen sollte die Praktikabilität des Grünrode-Verfahrens zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Bodenverhältnissen und differenziertem Befallsdruck in Bezug auf das Vorkommen virusübertragender Blattläuse geprüft werden. Das Verfahren wurde über 3 Jahre in Zusammenarbeit mit 10 pflanzguterzeugenden Betrieben in zwei Regionen mit unterschiedlichem Befallsdruck (Schleswig-Holstein: „relative Gesundheit“, Niedersachsen: „relative Abbaulage“) durchgeführt. Im Vergleich standen zwei Grünrodetermine (früh: Mitte Juli, spät: Ende Juli), Krautschlagen und eine Kontrolle mit natürlicher Abreife. Im Vordergrund des Versuches stand die Praxistauglichkeit des Grünrodeverfahrens, d.h. die Bewirtschaftung der Versuchsflächen erfolgte betriebsüblich und die Maßnahmen der Krautminderung wurden durch die pflanzguterzeugenden Betriebe durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten sowohl ertragliche Wirkungen des Verfahrens, die Auswirkungen auf Lagerfähigkeit, Knollenbeschaffenheit, Gesundheit und Keimfähigkeit der Knollen, als auch dessen Einfluss auf das Stickstoffaustragspotential über die Winterperiode.

Es traten keine signifikanten Unterschiede im Virusbefall zwischen den Verfahren auf, tendenziell bestätigte sich jedoch ein geringerer Anteil infizierter Knollen im Erntegut nach frühem Grünroden. Ausbleibende Differenzen zwischen den Verfahren sind vermutlich auf den in den Versuchsjahren herrschenden geringen Befallsdruck zurückzuführen, welcher auch der geplanten Regressionsanalyse und der Definition von Schadschwellen in Bezug auf das sommerliche Vektorflugaufkommen entgegen stand. Einzelbetrieblich und unter hohem Infektionsdruck bestätigt sich jedoch die Arbeitshypothese des verminderten Virusbefalls nach Grünroden. Es konnte durch die Verkürzung der Vegetationszeit ein signifikant ertragsvermindernder Einfluss des Grünrodens festgestellt werden, welcher in Bezug auf die Marktware (35-50 mm) beim frühen Grünroden 13,9 % betrug. Vorkeimen des Pflanzgutes konnte die negative ertragliche Wirkung des Grünrodens im Versuch nicht signifikant vermindern. Nur 1999 zeigten sich Tendenzen in diese Richtung. Fehlende Differenzen werden u.a. auf unterschiedliche Verfahren und Ergebnisse beim Vorkeimen zurückgeführt. Durch den Rodevorgang in noch nicht schalenfestem Zustand treten sowohl beim frühen, wie auch spätem Grünroden sehr hoch signifikant mehr doppelhäutige Knollen auf (66,23 %), die jedoch weder die spätere Lagerfähigkeit noch die Keimfähigkeit signifikant beeinträchtigen. Nach frühem Grünroden wurde am Erntegut ein signifikant geringerer Schorfbefall, sowie ein signifikant stärkerer Besatz mit Sklerotien von *Rhizoctonia solani* festgestellt. Nach frühem Grünroden traten im Boden signifikant höhere N_{min} -Gehalte von 21 kg/ha in der Tiefe 0-90 cm auf, welche durch verstärkte Mineralisierung aufgrund der mehrfachen und frühen Bodenbewegung nach Grünroden und Ernte bedingt waren. Durch die vorverlegte Ernte beim Grünroden bietet sich die Möglichkeit diesem Effekt mit Zwischenfruchtanbau entgegenzuwirken und Auswaschungsverluste zu vermeiden.

Zudem wurde die Praktikabilität und der Nutzen von Modellen zur Befalls- und Ertragsprognose getestet. Eigenes Datenmaterial, Klimadaten und Blattlausfänge einer Saugfalle wurden mittels des Prognosemodells „TuberPro“ verrechnet. Die Variation eines standortbezogenen Parameters in Verbindung mit der Simulation von Wiederaustrieb verdeutlichten den außerordentlich starken Einfluß dieser Faktoren auf den Virusbefall des künftigen Pflanzgutes.

7.2 Summary

The Objective of the project study was the evaluation of the application possibilities of green crop lifting for seed production under organic farming conditions in comparison with the usual procedure of haulm cutting. By means of green crop lifting, regrowth can be excluded, which may occur after early haulm cutting and is connected to the risk of late virus infections. Under consideration of the frequency of regrowth after haulm cutting, the practicability of green crop lifting was to be examined at different points of time, under different soil conditions as well as on the basis of different probabilities of infection in respect of the occurrence of virus-transferring aphids.

The procedure was conducted over 3 years in co-operation with 10 seed producing farmers in two regions with different probabilities of infection (Schleswig-Holstein: low (relatively healthy region), Lower Saxony: high (relatively unhealthy region)). Two green crop lifting dates (early: mid-July, late: late July), haulm cutting and a control plot with natural senescence were being compared. The experiment focused on the practicality of green crop lifting, i.e. the cultivation of the experimental plots was in line with general practice and the measures of haulm cutting were accomplished by the seed producers themselves. The investigations included effects of the procedure on yield, effects on shelf-life, tuber condition, health and germination capability of the tubers as well as on the nitrogen leaching potential during the winter period.

There were no significant differences in virus infection between the procedures, tendency to a smaller portion of infected tubers in the harvested crop after early green crop lifting could, however, be confirmed. The absence of distinct differences is probably due to prevailing low infection probability during the years of experiments, which impeded planned regression analysis and the definition of thresholds for summer-vector-occurrence. On a company by company basis and with a high probability of infection the working hypothesis of the decrease in virus infection after green crop lifting is confirmed.

A significant yield-reducing influence could be observed after shortening the growing season; the loss after early green crop lifting amounted to 13.9 % in regarding the marketable goods (35-50 mm). Presprouting the seeds could not significantly reduce the negative yield impact of green crop lifting in the experiments. Only in 1999 there were tendencies in this direction. The absence of differences is attributed, among others, to different procedures and results of presprouting.

By lifting up before firm skin setting, most significantly more double skinned tubers occurred both in early as in late green crop lifting (66.23 %). However, these neither impair the later shelf-life nor the germ ability significantly. After early green crop lifting a significantly reduced scab affliction, as well as a significantly increased infestation with sclerotia of *Rhizoctonia solani* were noted at the harvested crop.

After early green crop lifting significantly higher N_{min} contents of 21 kg/ha occurred in the soil at a depth of 0-90 cm, which were a result of intensified mineralisation due to the repeated and early ground movement after green crop lifting and harvesting. The earlier harvest, however, offers the possibility to counter this effect by cultivating an intermediate crop, washing losses of the soil can thus be avoided, too.

In addition, the practicability and usefulness of models to infestation and yield forecast was tested. Own data, climatic data and aphid catches from a suction trap at Aschersleben were statistically analysed using the prognosis model „TuberPro“. The variation of a location parameter in combination with the simulation of regrowth stressed the extremely strong influence of these factors on the virus infection of the seeds.

8 Literaturverzeichnis

- Anonymus (1999): Krautabtöten: Weniger Chemie durch Wurzelschneiden? *top agrar*, 6, 60.
- Anonymus (2001a): Agrarreport Schleswig-Holstein 2001. Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- Anonymus (2001b): Ökologischer Kartoffelbau. Sortenübersicht für den Ökologischen Landbau, 113-141, AGÖL e.V..
- Anonymus (2002): Zahlen zur Vermehrung 2001 - Mähdruschfrüchte, Kartoffeln. Landwirtschaftskammer Hannover, Bezirksstelle Uelzen.
- A'Brook, J. (1983): Forecasting the Incidence of Aphids Using Weather Data. *EPPO Bull.*, 13 (2), 229-233.
- Adams, M. J. & D. H. Lapwood (1977): The relationship between soil moisture, the tuber-plane microflora and potato common scab. *Pot. Res.*, 20, 263-264.
- Alföldi, T., P. Mäder, U. Niggli, O. Schachenmann & J.-M. Besson (1992): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell
III. Boden: N_{min}-Untersuchungen, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. *Schweiz. landw. Forschung*, 32 (1), 59-82.
- Alföldi, T., W. Stauffer, P. Mäder, U. Niggli & J.-M. Besson (1993): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Physikalische Untersuchungen, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. *Schweiz. landw. Forschung*, 32 (4), 465-477.
- Amberger A. (1996): Pflanzenernährung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Andersson, B., R. Sigvald, L. Wiik, B. Bath, J. Ascard, L. Erjefält & K. Olsson (2002): Ecological potato production, I. Effects of plant protection methods on potato late blight, potato virus Y and yield. In: Wenzel, G. and Wulfert, I. (Eds.): 15th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Hamburg.
- Arenz, B. (1959): Grundsätzliches über Frührodung. *Kartoffelbau*, 10 (6), 130-131.
- Arenz, B. & W. Hunnius (1958): Untersuchungen über die Sortenresistenz gegen verschiedene Y-Virus-Stammgruppen. *Züchter*, 28 (8), 360-366.
- Arenz B. & W. Hunnius (1959): Grundlagen und Technik des Pflanzkartoffelbaus. BLV Landwirtschafts-Verl., München.
- Arenz, B. & W. Hunnius (1964): Kenntnis des Infektionsgeschehens als Grundlage der Pflanzguterzeugung. *Kartoffelbau*, 6 (15), 151-152.
- Bang, H. O. (1984): Changes in the contamination level of *Phoma exigua* var. *foveata* and the susceptibility of the tubers caused by different haulm killing methods and various harvest dates. *EAPR Abstr.*, 9th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 178.

-
- Barker, H. & M. F. B. Dale (2004): Resistance to potato viruses: a breeder's perspective. Abstracts of 12th EAPR Virology Section Meeting. 24-6-2004, Rennes, Frankreich
- Bawden, F. C. & B. Kassanis (1950a): Some effects of host-plant nutrition on the multiplication of viruses. *Ann. appl. Biol.*, 37, 215-227.
- Bawden, F. C. & B. Kassanis (1950b): Some effects of host nutrition on the susceptibility of plants to infection by certain viruses. *Ann. appl. Biol.*, 37, 46-57.
- BBA BBA (Hrsg.) (1982): Richtlinie für die Prüfung von Beizmitteln gegen Auflaufkrankheiten – insbesondere *Rhizoctonia solani* Kühn – an Kartoffel. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig.
- BBA, BSA IVA (1994): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dicotyler Pflanzen, Erweiterte BBCH-Skala - Allgemein und Kulturen. Basel.
- Beemster, A. B. R. (1976): Translocation of the potato viruses Y^N and Y^O in some potato varieties. *Pot. Res.*, 19, 169-172.
- Beemster, A. B. R. (1979): Acquisition of potato virus Y^N by *Myzus persicae* from primarily infected "Bintje" potato plants. *Neth. J. Pl. Path.*, 85, 71-81.
- Beemster A. B. R. (1987): Virus translocation and mature-plant resistance in potato plants. In: J. A. De Bokx & J. P. H. Van der Want (Eds.): Viruses of potatoes and seed potato production, 2 edn, 117-125, Pudoc, Wageningen.
- Behrendt, K. (1969): Über langjährige Massenwechselbeobachtungen an der Schwarzen Bohnenblattlaus, *Aphis fabae* Scopoli. In: Frankhänel, H. (Hrg.): Wanderversammlung Deutscher Entomologen, Dresden, Tagungsberichte. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin.
- Benker, M. (1999): Einfluß der Krautminderung und Krautabtötung auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Kartoffeln. Dissertation, Universität Göttingen.
- Benker, M., D. Peters & H. H. Hoppe (1998): Untersuchungen zum Einfluß von mechanischen und chemischen Krautminderungsverfahren auf den Ertrag und die Qualität von Kartoffelknollen und zur Ätiologie der Nabelendnekrosen und Gefäßbündelverbräunungen. *Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw.*, Berlin-Dahlem, 357, 102.
- Berg, M., G. Haas, E. Leisen & H. Schenke (2005): Stickstoffmanagement im ökologisch wirtschaftenden Betrieb: Minderung von Stickstoffverlusten. *Schriftenr. Lehr- u. Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche u. Standortgerechte Landw."*, 105, 64-75.
- Bernuth, v. (1949): Virusbekämpfung in der Kartoffelzucht. *Z. Pflanzenkrankh.*, 56, 374-379.
- Betz, H. G. (2002): Zahlen zur Kartoffel. Ausgabe Januar 2002, Landwirtschaftskammer Hannover.
- Birecki, M., W. Gabriel & J. Osinska (1964): The influence of manuring on spread of virus diseases in the potato crop. *Pamiętnik Pulawski*, 13, 163-178.

-
- Blanco-Urgoiti, B., M. Tribodet, S. Leclere, F. Ponz, C. Pérez de San Román, F. J. Legorburu & C. Kerlan (1998): Characterisation of potato potyvirus Y (PVY) isolates from seed potato batches. Situation of the NTN, Wilga and Z isolates. *Eur. J. Pl. Path.*, 104, 811-819.
- Bode, O. & H.-L. Weidemann (1971): Untersuchungen zur Blattlausübertragbarkeit von Kartoffel-M- und S-Virus. *Pot. Res.*, 14, 119-129.
- Bodlaender, K. B. A., C. Lugt & J. Marinus (1964): The induction of second-growth in potato tubers. *Eur. Potato J.*, 7 (1), 57-71.
- Boggert, P. H. J. F. v. d., A. J. G. Luttikholt & P. Kastelein (1995): Grünroden und die Möglichkeit der Schädlingsbekämpfung bei Kartoffeln. *Kartoffelbau*, 46 (5), 202-206.
- Bokx, J. A. D. (1979): Determination of infection pressure of potato virus Y^N with potato plants. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent*, 44 (2), 653-656.
- Bokx, J. A. D. & P. G. M. Piron (1984): Aphid trapping in potato fields in the Netherlands in relation to transmission of PVY^N. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent*, 49 (2b), 443-452.
- Bokx, J. A. D. & P. G. M. Piron (1985): Aphid trapping in potato fields and transmission of potato virus Y^N. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent*, 50 (2b), 483-492.
- Bokx, J. A. D. & P. G. M. Piron (1990): Relative efficiency of a number of aphid species in the transmission of potato virus Y^N in the Netherlands. *Neth. J. Pl. Path.*, 96, 237-246.
- Bothe, F. (1972): Zeitgerechte Krautvernichtung - notwendiger denn je! *Kartoffelbau*, 23 (6), 151.
- Botjes, I. O. (1923): Die Verwendung unreifer Kartoffeln als Saatgut. *Dt. landwirtsch. Presse*, 50, 118-119.
- Bouman, A. (1983): The effect of the potato haulm on haulm pulling efficiency. *Pot. Res.*, 26, 184-185.
- Bouman, A. (1989): Krautminderung durch Krautrupfen und Abbrennen. *Kartoffelbau*, 40 (7), 248-250.
- Bouman, A. (1990): Grünroden von Pflanzkartoffeln. *Kartoffelbau*, 41 (5), 180-182.
- Bouman, A. (1992): A review of the research work into the different haulm killing methods in The Netherlands. In: imag-dlo (Ed.): Haulm killing and damaging potatoes - Proceedings of the Meeting of the Section Engineering of the EAPR. 6.9.1992, Wieringerwerf, 17-25.
- Bouman, A. (1996): Krautabtötung bei Pflanzkartoffeln - Erfahrungen aus den Niederlanden. *Kartoffelbau*, 47 (6), 214-215.
- Bouman, A. (1998): Geteiltes Ernteverfahren und Qualitätsverbesserung. *Kartoffelbau*, 49 (6), 228-230.

-
- Bouman, A. & G. J. Molema (1993): Dreigeteiltes Ernteverfahren - Eine Alternative zur chemischen Krautabtötung bei Pflanzkartoffeln. *Kartoffelbau*, 44 (6), 246-248.
- Bowen, S. (1994): Wissenschaft sucht exakte Meßprinzipien für Schalenfestigkeit. *Kartoffelbau*, 45 (7), 273-275.
- Böhm, H. (2001): Möglichkeiten der Regulierung von *Phytophthora infestans* an Kartoffeln im Ökologischen Landbau. In: Reents, H.J.: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. 6.-8. März, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 377.
- Böhm, H., S. Fittje & T. Dewes (1997): Vergleichende Untersuchungen zur Kartoffel-Pflanzguterzeugung bei konventioneller Bewirtschaftung im Hinblick auf den Virusbefall. In: Köpke, U. und Eisele, J.A.: Beiträge zur 4. Wiss. -Tagung zum Ökologischen Landbau, 3.-4. März, Bonn, 591-597.
- Böhm, H. & Haase, N. U. (2003): Kartoffelanbau im ökologischen Landbau - Stand des Wissens und gegenwärtige Forschungsarbeiten. *Lanbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 259, Forum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig.
- Böning, K. (1929): Beiträge zum Studium der Infektionsvorgänge pflanzlicher Viruskrankheiten. *Z. Parasitenk.*, 198-230.
- Braber, J. M., C. B. Bus & A. Schepers (1982): Changes in leaf components and peroxidase activity of potato plants (cv. Bintje) in relation to mature-plant resistance to PVY^N. *Pot. Res.*, 25, 141-153.
- Bradley, R. H. E. (1963): Some ways in which a paraffin oil impedes aphid transmission of potato virus Y. *Can. Journ. Microbiol.*, 9, 369-390.
- Brazda, G. & H.-D. Ebert (1986): Krautminderung und Reifebeschleunigung bei Kartoffeln. *Fortschrittsber. Landw. u. Nahrungsgüterwirtsch.*, 24 (9).
- Bremer, H. (2003): Kartoffel-Pflanzguterzeugung im ökologischen und konventionellen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Virusbefalls - Auswertung der Virus-testergebnisse von Schleswig-Holstein für die Jahre 1999-2001. Bachelorarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Broadbent, L. (1950): The correlation of aphid numbers with the spread of leaf roll and rugose mosaik in potato crops. *Ann. appl. Biol.*, 37, 58-65.
- Buchner, W., H. Knechtges & J. Sroka (1997): Rodesaat bei der Kartoffelernte. *Kartoffelbau*, 48 (8), 308-310.
- Burton, W. G. (1972): Physiological and biochemical changes in the tuber as affected by storage conditions. *Abstracts of 5th Triennial Conference, European Association for Potato Research, Edinburgh*, 63-81.
- Busch T. (1999): Blattlauswarndienst. Landespflanzenschutzamt Mecklenburg-Vorpommern.
- Busch T. (2000): Blattlauswarndienst. Landespflanzenschutzamt Mecklenburg-Vorpommern.
- Busch T. (2001): Blattlauswarndienst. Landespflanzenschutzamt Mecklenburg-Vorpommern.

-
- Cadman, C. H. & J. Chambers (1960): Factors effecting the spread of aphid-borne viruses in potato in eastern scotland. III. Effects of planting date roughing and age of crop on the spread of potato leaf-roll an Y viruses. *Ann. appl. Biol.*, 48 (4), 729-738.
- Carter N. & R. Harrington (1991): Factors influencing Aphid Population Dynamics and Behavior and the Consequences for Virus Spread. In: Harris, K.F. (Ed.) *Advances in disease vector research*, Springer Verlag, Berlin, New York, 19-51.
- Casper, R. & S. Meyer (1981): Die Anwendung des ELISA-Verfahrens zum Nachweis pflanzenpathogener Viren. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd.*, 32, 49-54.
- Cetas, R. C. & R. L. Sawyer (1962): Evaluation of Uracide for the control of common scab of potatoes on Long Island. *Am. Potato J.*, 39, 456-459.
- Chand, T. & C. Logan (1984): Post-harvest development of *Rhizoctonia solani* and its penetration of potato tubers in northern Ireland. *Trans. Br. mycol. Soc.*, 82 (4), 615-619.
- Cherif, C. & M. M. Hattab (1994): Contribution a l'etude epidemiologique du virus Y de la pomme de terre en Tunisie. *Ann. de l'INRAT*, 67, 21-30.
- Cojocar, N. (1974): Die Verbreitung des Kartoffel M-Virus im Zusammenhang mit dem Niveau der Infektionsquelle und Behandlungen gegen Blattläuse. *Ziemniak*, 104-105.
- Conti, M. & O. Lovisolo (1983): Virus problems in protected vegetable crops. *Acta Hort.*, 127, 82-83.
- Copeland, R. B. & C. Logan (1976): The effect of interval from haulm destruction to harvest on the gangrene potential of tubers in storage. *Pot. Res.*, 19, 203-213.
- Delden, A. van (2001): Yielding ability and weed suppression of potato and wheat under organic nitrogen management. Dissertation, Universität Wageningen.
- Diercks, R. (1953): Der Einfluß der Mineralsalzernährung auf Wanderungs- und Ausbreitungs-Geschwindigkeit des X-Virus in der Kartoffelpflanze. *Z. Pflanzenb. Pflanzensch.*, 4, 252-288.
- Dijst, G. (1985): Investigations on the effect of haulm destruction and additional root cutting on black scurf on potato tubers. *Neth. J. Pl. Path.*, 91, 153-162.
- Dijst, G. (1990): Effect of volatile and unstable exsudates from underground potato plant parts on sclerotium formation by *Rhizoctonia solani* AG-3 before and after haulm destruction. *Neth. J. Pl. Path.*, 96, 155-170.
- Dilz K. (1988): Efficiency of uptake and utilisation of fertilizer nitrogen by plants. In: Commission of the European Communities (Eds.): *Nitrogen efficiency in agricultural soils*, Elsevier, London, 1-26.
- Dixon A. F. G. (1990): Population Dynamics and Abundance of Deciduous Tree-dwelling Aphids. In: A. D. Watt, S. R. Leather, M. D. Hunter, & N. A. C. Kidd (Eds.): *Population Dynamics of Forest Insects*, Intercept, Andover, 11-23.
- Döring, T. (2005): Straw mulch in organically grown potatoes. Dissertation, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften.

-
- Döring, T. & H. Saucke (2001): Viruserkrankungen im Ökologischen Pflanzkartoffelbau - Perspektiven kulturtechnischer Gegenmaßnahmen. In: Reents, H.J.: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. 6.-8. März, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 261-264.
- Döring, T. & H. Saucke (2003): Strohmulch und Vorkeimen zur Minderung des Virusrisikos in ökologisch produzierten Pflanzkartoffeln. In: Freyer, B.: Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 24.-26. Februar, Wien, 545.
- Dreyer W. (1992): Kartoffelbau. In: W. Neuerburg & S. Padel (Hrg.): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis, BLV Verlagsgesellschaft, München.
- Dubnik, H. (1978): Einschätzung der Befallsintensität bei Kartoffelblattläusen an Hand der Ergebnisse der Gelbschalenfänge 1970 bis 1977. *Nachrichtenbl. Pflanzensch. DDR*, 31, 79-82.
- Dubnik, H. (1996): Übertragung von Kartoffelvirose durch wirtsfremde Blattlausarten. *Kartoffelbau*, 47 (5), 169-171.
- Dwelle, R. B., P. J. Hurley & J. J. Pavek (1983): Photosynthesis and stomatal conductance of potato clones (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiol.*, 72, 172-176.
- Erbe G. (1997): Anerkennungswesen und Pflanzgutkontrolle - Gesetzliche Grundlagen. In: P. H. Schuhmann (Hrg.): Die Erzeugung von Pflanzkartoffeln, Agrimedia, Holm, 68-71.
- Erbe, G. & E. Neubauer (1999): Vorschau Pflanzkartoffelerzeugung 1999. *Kartoffelbau*, 50 (8), 312-317.
- Erbe, G. & E. Neubauer (2000): Pflanzguterzeugung 2000. *Kartoffelbau*, 51 (12), 530-535.
- Erbe, G. and Neubauer, E. (2001a): Pflanzkartoffelerzeugung 2001. www.landwirtschaft-mv.de/las-kart.mv.
- Erbe, G. & E. Neubauer (2001b): Vorschau Pflanzkartoffelerzeugung 2001. *Kartoffelbau*, 52 (8), 344-350.
- Erbe, G. & E. Neubauer (2003): Pflanzkartoffelerzeugung 2003. *Kartoffelbau*, 54 (12), 466-473.
- Faßbender, K. (1998): Strategien zur Reduzierung von Nitratverlagerungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im ersten und zweiten Jahr nach Kleeergrasumbruch. Dissertation, Bonn.
- Fisken, A. G. (1959): Factors affecting the spread of aphid-borne viruses in potato in eastern Scotland
II. Infestation of the potato crop by potato aphids particularly *Myzus persicae* (Sulzer). *Ann. appl. Biol.*, 47 (2), 274-286.
- Fittje, S., H. Böhm & R. Peters (2001): Pflanzguterzeugung im ökologischen Landbau. *Kartoffelbau*, 52 (7), 303-308.

-
- Flatken, S. & E. Maiss (2003): Sicherheitsbewertung von Rekombinationsereignissen bei Kartoffelviren in nicht-transgenen und transgenen Kartoffeln. Tagung des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen, 27-3-2003, Heidelberg
- Freyer B. (1991): Ökologischer Landbau - Planung und Analyse von Betriebsumstellungen. Margraf, Weikersheim.
- Gabriel, W. (1965): The influence of temperature on the spread of aphid-borne potato virus disease. *Ann. appl. Biol.*, 56, 461-475.
- Gabriel, W. (1988): Les Carlaviruses de la pomme de terre, virus M et virus S: épidémiologie et protection. *Pot. Res.*, 31, 667-680.
- Gabriel, W. & W. Bartoszek (1974): Wczesne niszczenie naci w produkcji nasiennej zrejoni-zowanych odmian ziemniaka
II. Wplyw temperatury przechowania na wartosc sadzeniakow. *B. Inst. Ziemniaka*, 13, 29-43.
- Gabriel, W., W. Bartoszek & J. Ladamirski (1973): Wczesne niszczenie naci w produkcji nasiennej zrejoni-zowanych odmian ziemniaka
I. Odmiany wczesne i srednio wczesne. *B. Inst. Ziemniaka*, 11, 61-86.
- Gall, H. & A. Hofhansel (1992): Dreiphasenernte - ein brauchbares Ernteverfahren für Pflanzkartoffeln? *Kartoffelbau*, 43 (5), 218-221.
- Gall, H. & M. Truckenbrodt (1974): Beschädigungsminderung bei Kartoffeln - ein komplexes Problem von der Züchtung bis zur Einlagerung. *Feldwirtschaft*, 8, 351-354.
- Goerlitz, H. (1955a): Verschiedene Pflanzkartoffel-Anbaumethoden, ihre Entwicklung und praktische Bedeutung (1. Teil). *Dt. Landw.*, 6 (5), 232-235.
- Goerlitz, H. (1955b): Verschiedene Pflanzkartoffel-Anbaumethoden, ihre Entwicklung und praktische Bedeutung (2. Teil). *Dt. Landw.*, 6 (6), 274-281.
- Goss M. J., P. Colbourn, G. L. Harris, & K. R. Howse (1988): Leaching of Nitrogen under autumn-sown crops and the effects of tillage. In: D. S. Jenkinson & K. A. Smith (Eds.): Nitrogen efficiency in agricultural soils, Elsevier applied Science, London und New York, 269-282.
- Gölz-Huwe, H., W. Simon, B. Huwe & R. R. Van der Ploeg (1989): Zum Jahreszeitlichen Nitratgehalt und zur Nitratauswaschung von landwirtschaftlich genutzten Böden in Baden-Württemberg. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 152, 273-280.
- Grocholl, J. (2001): Zertifiziertes Pflanzgut oder eigener Nachbau: Gibt es Unterschiede? *Kartoffelbau*, 52 (3), 96-99.
- Gudmestad, N. C., R. T. Zink & J. E. Huguelet (1979): The effect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of *Rhizoctonia* disease of potato. *Am. Potato J.*, 56, 35-41.
- Günther-Borstel, O., K. Sieling & H. Hanus (1993): Nitratverlagerung unter W-Weizen und W-Raps über Winter 1991/92 und 1992/93 (Ergebnisse aus dem SFB 192). *Mitt. Deut. Bodenk. Ges.*, 72, 707-710.

-
- Haarten, A. v. (1983): The relation between aphid flights and the spread of potato virus Y^N (PVY^N) in the Netherlands. *Pot. Res.*, 26, 1-15.
- Haas G., M. Berg, & U. Köpke (1998): Grundwasserschonende Landnutzung: Vergleich der Ackernutzungsformen, konventioneller, integrierter und organischer Landbau, Vergleich der Landnutzungsformen, Ackerbau, Grünland (Wiese) und Forst (Aufforstung). Köster, Berlin.
- Halderson, J. L. & R. C. Henning (1993): Measurements for determining potato tuber maturity. *Am. Potato J.*, 70, 131-141.
- Hamann, U. (1984): Zur Untersuchung der gegenwärtigen Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes erregerefreien Basismaterials in der Kartoffelerhaltungszüchtung. *Arch. f. Züchtungsforsch.*, 14 (4), 285-294.
- Hambloch, C. (1995): Pflanzguterzeugung 1995. *Kartoffelbau*, 46 (12), 488-491.
- Hambloch, C., Menth, H., and Stelzer, M. (2005): ZMP Marktbilanz Kartoffeln 2005. ZMP Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, Bonn.
- Handizi, A. & F. J. Legorburu (2002): Escaping from potato virus Y: aphid repellents and planting dates. In: VIIIth international plant virus epidemiology symposium. Aschersleben, 157.
- Hardie, J. (1994): Variation in behavioural migration in aphids. *Eur. J. Entom.*, 91, 115-120.
- Harrington, R. & R. W. Gibson (1989): Transmission of potato virus Y by aphids trapped in potato crops in southern England. *Pot. Res.*, 32, 167-174.
- Harrington, R., G. G. Howling, J. S. Bale & S. Clark (1991): A new approach to the use of meteorological and suction trap data in predicting aphid problems. *EPPO Bull.*, 21, 499-505.
- Harrington, R., N. Katis & R. W. Gibson (1986): Field assessment of the relative importance of different aphid species in the transmission of potato virus Y. *Pot. Res.*, 29, 67-76.
- Hauschild (1951): Anerkennungspraxis und Probeentnahme bei Kartoffeln. *Mitt. Biol. Zentralanst. f. Land- u. Forstw.*, 70, 50-51.
- Haverkort A. J. & D. K. L. MacKerron (Hrsg.) (1995): Potato Ecology and Modelling of Crops under conditions of Limiting Growth. Kluwer, Dordrecht.
- Häni, A. & F. A. Winiger (1987): Wie produziert die Schweiz Pflanzkartoffeln ohne Blattlausbehandlung. *Kartoffelbau*, 38 (7), 273-276.
- Hebeisen, T. (1998): TuberPro - ein effizientes Prognosesystem zur Optimierung der Krautvernichtungstermine bei Pflanzkartoffeln. *Kartoffelbau*, 49 (6), 216-223.
- Hebeisen, T. (14.08.2006): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Hebeisen, T. & T. Nemecek (2001): TuberPro optimiert Krautvernichtungstermin in Pflanzkartoffeln. *Agrarforschung*, 8 (8), 312-317.

-
- Hebeisen, T. and Nemecek, T. (02.06.2006): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Heerkloss, B. (1980): Termingerechte Krautabtötung und Ausschöpfung des Ertragspotentials der Kartoffel. *Feldwirtschaft*, 21, 314-315.
- Heerkloss, B. (1981): Charakterisierung der Erntereife von Kartoffelknollen und Einfluß der Krautabtötung auf einige physiologische und biochemische Knollenparameter. *Arch. Acker- Pflanzenb. Bodenk.*, 25 (10), 621-628.
- Heie O. E. (1980): Fauna Entomologica Scandinavica. Scandinavian Science Press LTD, Klampenborg, Denmark.
- Heimbach U., T. Thieme, H.-L. Weidemann, & R. Thieme (1998): Transmission of potato virus Y by aphid species which colonise potatoes. In: J. M. Niero Nafria & A. F. G. Dixon (Eds.): Aphids in natural and managed ecosystems, 555-559, Universidad de León (Secretario de Publicaciones).
- Heinze K. (Hrsg.) (1983): Leitfaden der Schädlingsbekämpfung - Band III Schädlinge und Krankheiten im Ackerbau. Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart.
- Hepting L., A. Rehm, R. Graf, & A. Brummer (2003): Integrierter Pflanzenbau in Bayern - Ergebnisse aus Feldversuchen - Kartoffeln 2003. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Hesse, H. J. (1975): Niedersachsen - Schwerpunktgebiet der Pflanzguterzeugung. *Kartoffelbau*, 26 (6), 149.
- Heß, J. (1990): Acker- und Pflanzenbauliche Strategien zum verlustfreien Stickstofftransfer beim Anbau von Klee gras im Organischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, 3, 241-244.
- Hille Ris Lambers D. (1972): Aphids: their life cycles and their role as virus vectors. In: J. A. De Bokx (Eds.): Viruses of potatoes and seed-potato production, 36-57.
- Hinrichs-Berger, J. & J. Landsmann (2000): Zur Einstufung der Virusanfälligkeit von Kartoffeln im Rahmen der Sortenzulassung. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd.*, 52 (12), 300-304.
- Hochmann, J. (2000): Aktuelles aus dem Ökologischen Landbau 1999. Mitteilungen der Landwirtschaftskammer, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.
- Hochmann, J. (2002): Aktuelles aus dem Ökologischen Landbau 2001. Mitteilungen der Landwirtschaftskammer, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.
- Hofferbert, H.-R. (1986): Bodenart und Kartoffelqualität. *KTBL-Schrift*, 314.
- Hofferbert, H.-R. (15.03.2007): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Hoffmann G. (1991): Methodenbuch, Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Hoof, H. A. v. (1977): Determination of the infection pressure of potato virus Y^N. *Neth. J. Pl. Path.*, 83, 123-127.

-
- Hoof, H. A. v. (1980): Aphid vectors of potato virus Y^N. *Neth. J. Pl. Path.*, 86, 159-162.
- Howling, G. G., R. Harrington, S. J. Clark & J. S. Bale (1993): The use of multiple regression via principal components in forecasting early season aphid (*Homoptera: Aphididae*) flight. *Bull. Entom. Res.*, 83 (3), 377-381.
- Hoyman, W. G. (1947): Observations on the use of potato vine killers in the red river valley of North Dakota. *Am. Potato J.*, 24, 110-116.
- Hunnius, W. (1960): Möglichkeiten der Bekämpfung pflanzlicher Viruskrankheiten. *Bayr. landw. Jb.*, 37, 393-410.
- Hunnius, W. (1967): Zum Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Befall mit Viruskrankheiten bei Kartoffeln. *Bayr. landw. Jb.*, 44, 563-576.
- Hunnius W. (1971): Verwertungsgerechter Kartoffelbau. DLG, Frankfurt/Main.
- Hunnius, W. & K. Müller (1979): Düngung und Kartoffelqualität. *Kartoffelbau* (4), 140-142.
- Hutchinson, H. P. (1916): The value of immature potato tubers as seed. *J. Board agric.*, 23 (6), 529-539.
- Hütsch, B. (1991): Einfluß differenzierter Bodenbearbeitung auf die Stickstoffdynamik im Boden in Abhängigkeit von Beprobungstermin und Standort, unter besonderer Berücksichtigung von N-Freisetzung, Nitratverlagerung und Denitrifikation. Dissertation, Institut für Pflanzenernährung der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Irla, E. (1996): Umweltgerechte Krautbeseitigungsverfahren. *Kartoffelbau*, 47 (5), 186-189.
- Irla, E. and Gaillard, G. (1998): Krautvernichtungsverfahren für Pflanzkartoffeln. *FAT-Berichte*, 515.
- Irla, E. & C. Ziltener (1993): Krautbeseitigung in Speisekartoffeln. *Kartoffelbau*, 44 (6), 238-243.
- Ittersum, M. K. van (1992): Dormancy and growth vigour of seed potatoes. Dissertation, Wageningen.
- Jaeggli, F. (1984): Ansprüche der Kartoffel an die Wasserversorgung und den Einfluß ihres Anbaues auf den Stickstoffhaushalt des Bodens. *Abstracts of Conference papers of the 9th Triennial Conference of the EAPR*, 86-87.
- Jeurink, J. (2004): Gesundes Kartoffelpflanzgut durch Frührodung. *Kartoffelbau*, 12 (3), 122-123.
- Johnson, C. G. (1952): The changing numbers of *aphis fabae* Scop., flying at crop level, in relation to current weather and to the population on the crop. *Ann. appl. Biol.*, 39, 525-547.
- Kainz, M. (2000): Pflanzkartoffelproduktion im ökologischen Landbau - Erfahrungen in Bayern. Vortragsveranstaltung 2000, Wintertagung der AG Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung. Gesellschaft für Pflanzenzüchtung e.V. (GPZ), 22.11.2000, Göttingen

-
- Kainz, M., G. Gerl & K. Auerswald (1997): Verminderung der Boden- und Gewässerbelastung im Kartoffelanbau des Ökologischen Landbaus. *Mitt. Deut. Bodenk. Ges.*, 85 (III), 1307-1310.
- Kandeler E. (1993): Kolorimetrische Bestimmung der Urease-Aktivität. In: F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, & R. Margesin (Eds.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*, 2. Ausg., 186-189, Springer-Verlag, Berlin.
- Karalus W. (1995): Einfluß der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Dissertation, Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Gießen.
- Karalus, W. (1998a): Einfluß der Bestandesdichte auf den Krankheitsbefall bei Kartoffeln im ökologischen Landbau. *Gesunde Pflanzen*, 50 (4), 79-100.
- Karalus, W. (1998b): Ertragssicherung durch Vorkeimen im Ökologischen Kartoffelbau. *Kartoffelbau*, 49 (3), 104-108.
- Karalus, W. (2003): Einfluß von Pflanzguteigenschaften auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. *Schriftenr. Sächs. Landesanst. Landwirtsch.*, 8 (5), 62-68.
- Karalus, W., A. Domes & R. Rauber (1995): Einfluß der Sortenwahl und des Vorkeimens auf den Nitratgehalt von Kartoffelknollen im ökologischen Landbau. In: Dewes, T. & Schmitt, L.: Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, 21.2.1995, Kiel, 53-56.
- Karalus, W. & R. Rauber (1997): Effect of presprouting on yield of maincrop potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in organic farming. *J. Agron. Crop Sci.*, 179, 241-249.
- Kastelein, P., E. G. Schepel, A. Mulder, L. J. Turkensteen & J. W. L. Van Vuurde (1999): Preliminary selection of antagonists of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Van Hall) Dye for application during green crop lifting of seed potato tubers. *Pot. Res.*, 42 (2), 161-171.
- Keller, E. R. (1954): Maßnahmen zur Erzielung von gesundem Kartoffelsaatgut. *Mitt. schweiz. Landw.*, 2, 61-65.
- Keller E. R., H. Hanus, & K.-H. Heyland (1999): Handbuch des Pflanzenbaues, Bd. 3 Knollen- u. Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kennedy, J. S., A. Ibbotson & C. O. Booth (1950): The distribution of aphid infestation in relation to leaf age, I. *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis fabae* Scop. on spindle trees and sugar-beet plants. *Ann. appl. Biol.*, 37, 651-679.
- King, L., A. Fox, I. Browning & J. Pickup (2004): Aphid transmission of potato viruses PVY^O and PVY^N. Abstracts of 12th EAPR Virology Section Meeting. 24.6.2004, Rennes, Frankreich.
- Klein, L. W. & W. Hunnius (1979): Beziehungen zwischen Blattlausauftreten und Virusbefall in Pflanzkartoffeln im Zeitraum 1962-1978. *Gesunde Pflanzen*, 31 (9), 209-217.

-
- Kotnik, T. & U. Köpke (2001): Stickstoffmanagement mit Feldgemüse als Zweitfrucht: Stoppelrüben. In: Reents, H.J.: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien, Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. 6.-8. März, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, 437-440.
- Köhler, H. (1965): Untersuchungen über den Einfluß der vorzeitigen Krautabtötung auf die Qualität des Erntegutes der Kartoffel. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 122, 15-53.
- Kölsch, E. & H. Stöppler (1989): Pflanzgutvermehrung verschiedener Kartoffelsorten im ökologischen Landbau. *bio-land*, 5/89, 11-13.
- Kölsch E. & H. Stöppler (1990): Kartoffeln im Ökologischen Landbau. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
- Krellig, B. & E. Mehner (2003): Ergebnisse der Feldbestands- und Beschaffenheitsprüfung bei Pflanzkartoffeln im Rahmen des Anerkennungsverfahrens im Freistaat Sachsen. *Schriftenr. Sächs. Landesanst. Landwirtsch.*, 8 (5), 69-75.
- Kuprat, V. (2002): Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau - eine Praxiserhebung auf Betrieben in Schleswig-Holstein unter Berücksichtigung einer integriert wirtschaftenden Vergleichsgruppe. Diplomarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland & Futterbau / Ökologischer Landbau, CAU Kiel.
- Külps, G. & A. Hein (1972): Untersuchungen zum Verhalten von Mineralölen im Hinblick auf ihre Wirkung bei der Virusübertragung durch Blattläuse. *Phytopath. Zeitschr.*, 73, 149-162.
- Kürzinger, B. (1999a): Qualitätspflanzgut sichert hohe Erträge und hohe Marktwareanteile. www.landwirtschaft-mv.de/k-pflanz.mv.
- Kürzinger, B. (2003): Beschaffenheitsprüfung auf Viruskrankheiten. *Kartoffelbau*, 54 (8), 320-323.
- Kürzinger, B., Kürzinger, W. & Möbius, B. (2004a): Nicht nur Kartoffelpflanzen sind PVY-Virusquellen. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, <http://www.agrarnet-mv.de>.
- Kürzinger, B., W. Kürzinger & B. Möbius (2004b): Wildkräuter als mögliche Quelle für PVY? *Kartoffelbau*, 55 (11), 391-393.
- Kürzinger, W. (1999b): Krautminderung in Kartoffelbeständen. *Kartoffelbau*, 50 (6), 224-226.
- Kürzinger, W. & B. Kürzinger (2001): Pflanzkartoffelproduktion und Verhinderung von Virusinfektionen. *Kartoffelbau*, 52 (6), 247-251.
- Kürzinger, W. & B. Kürzinger (2003): Blattlausflug und Anerkennung von Pflanzgut. *Kartoffelbau*, 54 (4), 148-153.
- Lapwood, D. H. & T. F. Hering (1970): Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). *Pot. Res.*, 13, 296-304.

-
- Larsson, K. (1993): Krautminderung mit thermischen Verfahren in Schweden. *Kartoffelbau*, 44 (6), 244-245.
- Leopold, J. (2002): Probleme bei der Erzeugung von Saatgut im Ökologischen Landbau. *Ber. Biol. Bundesanst. Land- und Forstw.*, 95, 81-86.
- Lewis, B. G. (1962): Ecological studies of *Streptomyces scabies*. *Eur. Potato J.*, 5 (2), 184.
- Lootsma, M. & K. Scholte (1996): Effects of soil disinfection and potato harvesting methods on stem infection by *Rhizoctonia solani* Kühn in the following year. *Pot. Res.*, 39, 15-21.
- Lulai, E. C. & P. H. Orr (1993): Determining the feasibility of measuring genotypic differences in skin-set. *Am. Potato J.*, 70, 599-609.
- Lücke, J. & E. v. Boguslawski (1983): Kartoffelertrag und Kartoffelqualität im biologisch-dynamischen Anbau. Vorträge anlässlich der 5. Kartoffel-Tagung, Vorträge anlässlich der Fachtagung der Arbeitsgemeinschaft. Detmold, 17-21.
- Marsch, D. (10.11.2001): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Meinck, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau - Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und *Phytophthora*-Prophylaxe. Dissertation, Fachgebiet Ökologischer Landbau; Universität Gesamthochschule Kassel.
- Miersch, M. and Vetter, R. (1999): Stickstoffversorgung und -dynamik in Fruchtfolgen viehloser Betriebe des Ökologischen Landbaus - Projektbericht 1996-1999. Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IfUL), A1.5, Müllheim.
- Molema, G. J. & A. Bouman (1992): The effect of green-crop lifting in combination with Monceren or *Verticillium biguttatum* on the development of *Rhizoctonia solani* on seed potatoes. In: *imag-dlo* (Ed.): Haulm killing and damaging potatoes - Proceedings of the Meeting of the Section Engineering of the EAPR. 6.9.1992, Wieringerwerf, 36-41.
- Moll, A. (1981a): Untersuchungen zur Modifikation der Ertragsbildung der Kartoffel durch Umwelteinflüsse; 1. Mitteilung: Zum Einfluß von Stickstoff und Wasser auf die Ertragsbildung. *Arch. Acker- Pflanzenb. Bodenk.*, 25, 457-463.
- Moll, A. (1981b): Untersuchungen zur Modifikation der Ertragsbildung der Kartoffel durch Umwelteinflüsse; 2. Mitteilung: Zum Jahreseinfluß auf die Ertragsbildung. *Arch. Acker- Pflanzenb. Bodenk.*, 25, 465-475.
- Möller, K. (2001): Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. *FAM - Bericht*, Shaker Verlag, Aachen.
- Möller K., H. Kolbe, & H. Böhm (Hrsg.) (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- Möller, K. & H. J. Reents (1995): Stickstoffdynamik im Boden nach Kartoffeln im organischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, 8, 245-248.

-
- Muir, A. Y. & S. A. Bowen (1994): Measurements of the adhesion strengths of potato skin related to haulm treatments. *Intern. Agrophysics*, 8 (3), 531-536.
- Mulder, A. & A. Bouman (1984): The effects of harvest time and methods of haulm destroying on the tendencies of skinning and on the rate of infection of seed potatoes by *Rhizoctonia solani*. *Abstracts of Conference papers of the 9th Triennial Conference of the EAPR*, 112-113.
- Mulder, A., L. J. Turkensteen & A. Bouman (1992): Perspectives of green-crop-harvesting to control soil-borne and storage diseases of seed potatoes. *Neth. J. Pl. Path.*, 98 (Suppl. 2), 103-114.
- Murphy, H. J. (1968): Potato vine killing. *Am. Potato J.*, 45, 472-478.
- Müller, F. P. (1975a): Bestimmungsschlüssel für geflügelte Blattläuse in Gelbschalen. *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.*, 11, 49-77.
- Müller, H. J. (1953): Der Blattlaus-Befallsflug im Bereich eines Ackerbohnen- und eines Kartoffel-Bestandes. *Beitr. Entom.*, 3 (3), 229-258.
- Müller, H. J. (1957): Über die Entwicklung erhöhten Randbefalls von Ackerbohnen-Beständen durch *Aphis fabae* Scop. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, 593-598.
- Müller, H. J. & K. Unger (1952): Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* Scop. und *Myzodes persicae* Sulz. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst. *Züchter*, 22, 206-228.
- Müller, H. J., K. Unger, K. Neitzel, A. Raeuber, V. Moericke & J. Seemann (1959): Der Blattlausbefallsflug in Abhängigkeit von Flugpopulation und Witterungsbedingter Agilität in Kartoffel-Anbau- und -Hochzuchtlagen. *Biol. Zentralbl.*, 2, 341-383.
- Müller, K. (1975b): Kennzeichnung des Vegetations- und Lagerungsverlaufes der Kartoffel. *Kartoffelbau*, 26 (6), 166-167.
- Münster, J. (1952): Die Frühernte in der Schweiz. *Kartoffelbau* (2), 118-119.
- Münster, J. (1958): Methode zur Beobachtung der Entwicklung der virusübertragenden Blattläuse zwecks Ansetzung eines Früherntetermins und dessen Rückwirkung auf den Ertrag an Saatkartoffeln. *Eur. Potato J.*, 1, 31-41.
- Münter (1922): Unreife oder reife Kartoffeln als Saatgut? *Dt. landwirtsch. Presse* (7. Jan.), 1-2.
- Neitzel, K. & H. J. Müller (1959): Erhöhter Virusbefall in den Randreihen von Kartoffelbeständen als Folge des Flugverhaltens der Vektoren. *Ent. exp. & appl.*, 2, 27-37.
- Neitzel, K. & C. Pfeffer (1959): Über die Bestimmung des Krautzieh- oder Frührodetermins durch Blattlauskontrollen. *Eur. Potato J.*, 2 (3), 199-221.
- Nemecek, T. (1993): The Role of Aphid Behavior in the Epidemiology of Potato Virus Y: a Simulation Study. Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology Zürich.

-
- Nemecek, T. (1994): TuberPro - Prognosesystem für Viruskrankheiten und Ertrag von Kartoffeln. Dokumentation Version 2.02.
- Nemecek, T. (29.05.2007): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Nemecek T., J. O. Derron, A. Fischlin, & O. Roth (1995a): Use of a crop-growth model coupled to an epidemic model to forecast yield and virus infection in seed potatoes. In: A. J. Haverkort & D. K. L. MacKerron (Eds.): Potato Ecology and Modelling of Crops under Conditions Limiting Growth, Kluwer Academic Publishers, 281-290.
- Nemecek, T., R. Schwärzel & J. O. Derron (1995b): Quels facteurs déterminent l'infection virale des pommes de terre. *Revue suisse Agric.*, 27 (2), 73-77.
- Neubauer W. (1997): Die Kartoffel im Ökologischen Landbau. In: E. Pötke & P. Schuhmann (Hrg.): Speisefrischkartoffeln, Agrimedia, Holm, 52-54.
- Oerke E.-C., H.-W. Dehne, F. Schönbeck, & A. Weber (1994): Crop Production and Crop Protection. Elsevier, Amsterdam.
- Ossiannilsson, F. (1966): Insects in the epidemiology of plant viruses. *Annu. Rev. Entomol.*, 11, 213-232.
- Paffrath, A. (2000): Kartoffeln 2000 - bundesweite Auswertung der Ergebnisse der verschiedenen Versuchsansteller. Versuche im Ökologischen Landbau, Verband der Landwirtschaftskammern e.V..
- Paffrath, A., Leisen, E., Peine, A., Vorländer, C., Neuhoff, D., Berg, M., and A (2003): Kartoffelbau, In: Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität (Hrg.): Dokumentation 10 Jahre Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Bonn, 105.
- Pagel, R. & H. Hanf (1997): Einfluß differenzierter Grundbodenbearbeitung und organischer Düngung sowie der Vorkeimung auf Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit im ökologischen Kartoffelbau auf einem Sandstandort. In: Köpke, U. and Eisele, J. A. (Eds.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, 3.-4. März, Bonn, 335-340.
- Perring, T. M., N. M. Gruenhagen & A. Farrar (1999): Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. *Ann. Rev. Entomol.*, 44, 457-481.
- Peters, R. (1991): Mechanische und thermische Verfahren der Krautminderung. *Kartoffelbau*, 42 (7), 176-181.
- Peters, R. (1992): Krautminderung: Was leisten neue Verfahren? *Pflanzenschutz-Praxis*, 2, 38-40.
- Peters, R. (1993): Krautbehandlung bei Kartoffeln. *KTBL-Arbeitsblatt*, 221.
- Pfahler, F. (1996): Ökologische Pflanzkartoffeln - in Zukunft auch aus Sachsen? *Gäa-Journal*, 4, 14-15.

-
- Pfeffer, C. (1956): Untersuchungen über den Wert der in verschiedenen Gebieten erzeugten Pflanzkartoffeln. *Züchter*, 26 (9), 257-269.
- Pfeffer, C. (1959): Der Einfluß des Krautziehens auf Triebkraft und Ertrag von Pflanzkartoffeln. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 107, 335-350.
- Piron, P. G. M. (1986): New aphid vectors of potato virus Y^N. *Neth. J. Pl. Path.*, 92, 223-229.
- Piron, P. G. M., P. Harrewijn & H. den Ouden (1993): Virusfreie Pflanzgutproduktion mit Kunststoff-Vlies. *Kartoffelbau*, 44 (5), 196-197.
- Pommer, G. & M. Munzert (1988): Ergebnisse mehrjähriger Sortenversuche mit Kartoffeln auf alternativ bewirtschafteten Praxisbetrieben in Bayern. *Lebendige Erde* (2), 109-113.
- Power A. G. (1990): Cropping systems, insect movement and the spread of insect-transmitted diseases in crops. In: S. R. Gliessman (Eds.): *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*, Springer, New York, 47-69.
- Proeseler, G. & H. Weidling (1975): Die Retentionszeit von Stämmen des Kartoffel-Y-Virus in verschiedenen Aphidenarten und Einfluß der Temperatur. *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.*, 11 (5), 335-345.
- Purmann B. (1997): Ökologischer Pflanzkartoffelanbau. In: P. Schuhmann (Hrg.): *Die Erzeugung von Pflanzkartoffeln*, Agrimedia, Holm, 175-176.
- Racah, B., A. Galon & V. F. Eastop (1985): The role of flying aphid vectors in the transmission of cucumber mosaic virus and potato virus Y to peppers in Israel. *Ann. appl. Biol.*, 106, 451-460.
- Radtke, W. (1986): Schäden an Kartoffelknollen: Wie man sie erkennt und vermeidet. *top agrar*, 84-88.
- Radtke W., W. Rieckmann, & F. Brendler (2000): *Kartoffel - Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter*. Thomas Mann, Gelsenkirchen.
- Rahmann, G., S. Drengelmann, S. March, H. Nieberg, A. Fenneker & C. Zurek (2004): Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes. *Lanbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 276.
- Raidt, W. (1963): Gesunde Pflanzkartoffeln durch Vorkeimen, Krautabtöten und Frühroden. *Kartoffelbau*, 14 (3), 54-55.
- Rasocha, V. (1966): Blattläuse und die Verbreitung von Kartoffelvirosen in Kartoffelpflanzgutgebieten. *Vedecke Prace Vyzkumneho Ustavu Bramborarskeho v Havlickove Brode*, 101-116.
- Rave, G. (23.01.2006): mündliche Mitteilung an die Verfasserin

-
- Reents, H. J., G. Gerstner, S. Tucher & K. Möller (2001): Qualitätsmerkmale und Erträge von ausgewählten Kartoffelsorten unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus. *Z. Ernährungsök. (ERNO)*, 2 (1), 19-27.
- Reents, H. J. & K. Möller (1997): Strategien zur Stickstoffnutzung bei Getreide nach Kartoffeln. *Lebendige Erde*, 4, 309-314.
- Reents, H. J., K. Möller & F. X. Maidl (1997): Nutzung des Bodennitrates durch differenzierte Anbaustrategien von Getreide als Nachfrucht von Kartoffeln. In: Köpke, U. and Eisele, J. A. (Hrg.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, 3.-4. März, Bonn, 129-135.
- Reuß, H. (1968): Über die Auswirkung kleinräumiger, geschlossener Vermehrungslagen im Voralpengebiet auf den Gesundheitswert von Pflanzkartoffeln. *Mitt. schweiz. Landw.*, 16, 81-91.
- Rieckmann, W. (1978): Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Pflanzkartoffelproduktion im Bereich der LK Hannover. *Kartoffelbau*, 9, 314-315.
- Rieckmann W. (1999): Lageberichte zur Blattlausentwicklung 1999. Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover.
- Rieckmann W. (2000a): Lageberichte zur Blattlausentwicklung 2000. Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover.
- Rieckmann, W. (12.04.2000b): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Rieckmann, W. (2001a): Bekämpfung tierischer Schaderreger. *Kartoffelbau*, 52 (5), 194-199.
- Rieckmann W. (2001b): Lageberichte zur Blattlausentwicklung 2001. Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Hannover.
- Rieckmann, W. (16.07.2001c): mündliche Mitteilung an die Verfasserin
- Rieckmann, W. (2004): Bekämpfung von Blattläusen und Virusvektoren im Kartoffelbau. *Kartoffelbau*, 55 (4), 104-108.
- Rieckmann, W. & V. Zahn (1998): Auswertung des Blattlausflugverhaltens und der Pflanzkartoffelanerkennung im Gebiet der Landwirtschaftskammer Hannover von 1980-1996. *Gesunde Pflanzen*, 50 (4), 107-111.
- Robert, Y. & J. Rouze-Jouan (1976): Neuf ans péageage de Pucerons des céréales: *Acyrtosiphon* (Metopolophium) dirhodum WLK, A (M) festucae WLK, *Macrosiphum* (Sitobion) avenae F.; M. (S.) fragariae et *Rhopalosiphum padi* L. en Bretagne. *Rev. Zool. Agric. Path. Veget.*, 75, 67-80.
- Rohloff, H. (1979): Beitrag zur Analyse der Kartoffel-Y-Virus-Epidemie. *Gesunde Pflanzen*, 31, 296-299.
- Rönnebeck, W. (1955): Zur Frage der Ausbreitung von Blattrollvirus im Kartoffelfeld. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, 62, 528-533.

-
- Ruiz de Arcaute, R., S. Isla & A. Carrasco (2002): New strategies on breeding for PVY resistance. In: Wenzel, G. and Wulfert, I. (Eds.): 15th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Hamburg, 176.
- Ryden, K., S. Brishammar & R. Sigvald (1983): The infection pressure of potato virus Y^O and the occurrence of winged aphids in potato fields. *Pot. Res.*, 26, 229-235.
- Saucke, H. & T. Döring (2004): Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. *Ann. appl. Biol.*, 144, 347-355.
- Scharpf, H.-C. (1977): Der Mineralstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf. Dissertation, Fakultät für Gartenbau und Landeskultur der technischen Universität Hannover.
- Scheid, L., F. Brendler, M. Zellner & P. Rücker (2000): Rückblick Pflanzenschutz 2000. *Kartoffelbau*, 51 (12), 520-529.
- Scheid, L. (2003): Krautabtötung 2003. *Kartoffelbau*, 54 (7), 260-263.
- Schenk, G. (1990): Virussituation auf dem Gebiet der ehemaligen DDR. *Kartoffelbau*, 41 (12), 454-459.
- Schepers, A. & A. B. R. Beemster (1976): Effect of Fertilizers on the Susceptibility to Virus Infection of the Potato, with Special Reference to Mature-Plant Resistance. In: Fertilizer use and plant health. Proceedings of the 12th colloquium of the International Potash Institute, Worblaufen - Bern, 201-210.
- Schick, R. (1952): Fragen der Pflanzkartoffelerzeugung. *Dt. Landw.*, 3 (12), 618-627.
- Schick, R. (1953): Eine Methode zur Erzeugung gesunden Kartoffelpflanzgutes in den Abbaulagen. *Dt. Landw.*, 4 (7), 365-366.
- Schleusener, W. (1954a): Frühernte durch Krautziehen oder Grünernte im Pflanzkartoffelbau. *Mitt. DLG*, 69, 617-619.
- Schleusener, W. (1954b): Leistungssteigerung in der Pflanzguterzeugung durch Grünernte. *Kartoffelbau*, 12, 276-277.
- Schleusener, W. & H. Goerlitz (1952): Über den Einfluß verschiedener Anbaumethoden auf Ertrag und Pflanzgutwert der Kartoffel. *Züchter*, 22 (4/5), 127-134.
- Schlüter, J. (1992): Situation der ökologischen Pflanzgutvermehrung. *bio-land* (1), 15.
- Schmitt L. (1992): N-Mineralisierung verschiedener Böden bei aerober Inkubation in Abhängigkeit von mineralischen und organischen Düngemitteln unter besonderer Berücksichtigung möglicher Priming-Effekte. Wissenschaftlicher Fachverlag P. Fleck, Norderkleen.
- Scholte, K. (1992): Kartoffelschorf. *Kartoffelbau*, 43 (2), 50-55.
- Scholvin A. & J. Grocholl (2003): Untersuchung zum Einfluß des Sklerotienbesatzes am Pflanzgut auf das Auftreten von *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelanbau.

-
- Versuchsergebnisse im Ökologischen Ackerbau in Niedersachsen 2002-2003, 42-51, Landwirtschaftskammer Hannover, Referat Ökologischer Landbau, Hannover.
- Scholvin, A. & J. Grocholl (2004): *Rhizoctonia*-Belastung von Pflanzgut. *Kartoffelbau*, 55 (7), 285-261.
- Scholz, B. (1982): Stand der Technik zur Krautminderung vor dem Roden. *Kartoffelbau*, 33 (7), 232-236.
- Scholz, M and Erbe, G. (2003): Analyse der Kartoffelblattlausfänge in Mecklenburg-Vorpommern von 1992 bis 2002. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, <http://www.agrarnet-mv.de>.
- Scholz, M. & G. Erbe (2004): Kartoffelblattlausfänge und Virusbesatz bei der Kartoffelvermehrung - Erhebungen aus der Kartoffelvermehrung. *Kartoffelbau*, 55 (3), 80-84.
- Schöber-Butin, B. (2003): Chronik der Arbeitsgemeinschaft Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung 1950-2000. Vorträge für Pflanzenzüchtung, 60.
- Schubert, J., K. Ellenberg, M. Nielitz & B. Lorenz (2004): Zum Befall von ökologisch angebauten Kartoffeln mit Viren. Abstracts der Vorträge und Poster des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. (DPG). 29.3.2004, Braunschweig
- Schubert, J., F. Rabenstein, R. Gippert, A. Gneist & E. Sukhacheva (2003): Zum Auftreten von Stämmen des Potato virus Y in Sachsen-Anhalt. Abstracts der Vorträge und Poster des Arbeitskreises Viruskrankheiten der Pflanzen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. (DPG). 27.3.2003, Heidelberg
- Schuhmann, P. (1994): Auswirkungen des Virusbesatzes auf die Höhe des Knollenertrages. *Kartoffelbau*, 45 (6), 238-241.
- Schuhmann, P. (Hrsg.) (1997): Die Erzeugung von Pflanzkartoffeln. Agrimedia, Holm.
- Schuhmann, P. (2001): Agrarmeteorologische Schwellenwerte - Auswirkungen der Jahreswitterung auf den Ertrag und die Qualität von Kartoffeln. *Kartoffelbau*, 52 (3), 100-103.
- Schwarz, R. (1959): Epidemiologische Untersuchungen über einige Viren der Unkraut- und Ruderalflora Berlins. *Phytopath. Zeitschr.*, 35, 238-270.
- Sigvald, R. (1984): The relative efficiency of some aphid species as vectors of potato virus Y^o (PVY^o). *Pot. Res.*, 27, 285-290.
- Sigvald, R. (1985): Mature plant resistance of potato plants against potato virus Y^o (PVY^o). *Pot. Res.*, 28, 135-143.
- Sigvald, R. (1987a): Aphid migration and the importance of some aphid species as vectors of potato virus Y^o (PVY^o) in Sweden. *Pot. Res.*, 30, 267-283.
- Sigvald, R. (1987b): Epidemiology of potato Virus Y^o a non-persistently transmitted aphid borne virus. Växtskyddsrapporter, 13.

-
- Sigvald, R. (1989): Relationship between aphid occurrence and spread of potato virus Y^O (PVY^O) in field experiments in southern Sweden. *J. Appl. Ent.*, 108, 35-43.
- Sigvald, R. (1992): Progress in aphid forecasting systems. *Neth. J. Pl. Path.*, 98 (Suppl. 2), 55-62.
- Sigvald, R. & M. Hulle (2004): Aphid-vector management in seed potatoes: Monitoring and forecasting. Abstracts of 12th EAPR Virology Section Meeting. 24.6.2004, Rennes, Frankreich, 8.
- Silva-Krott, I. U., P. Singh, T. S. Lali & R. Muniappan (1995): Influence of Fertilizers and Wind on Aphid Infestation and Cucumber Yield. *Micronesica*, 28 (1), 25-30.
- Singh, M. N., B. B. Nagaich & H. O. Agrawal (1984): Spread of viruses Y and Leafroll by aphids in potato fields. *Indian Phytopath.*, 37, 241-251.
- Spaar D. & H. Kleinhempel (Hrsg.) (Hrsg.) (1985): Bekämpfung von Viruskrankheiten der Kulturpflanzen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Specht, A. und Peters, R. (1992): Entwicklung mechanischer und thermischer Verfahren zur Krautminderung bei Pflanzkartoffeln als alternative chemischer Behandlungsmethoden. Schlußbericht zum AIF-Forschungsauftrag Nr.8163 (GFP K 49/90).
- Spencer, D. & R. A. Fox (1978): The distribution of sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kühn on the surface of the potato tuber. *Pot. Res.*, 21, 291-300.
- Stein-Bachinger, K. (1993): Optimierung der zeitlich und mengenmäßig differenzierten Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Rahmen der Fruchtfolge organischer Anbausysteme. Dissertation, Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Steinberger, J. (2003): Workshop: Züchtung für den Ökolandbau. Bundessortenamt Hannover.
- Storch, R. H. & F. E. Manzer (1985): Effect of time and date of inoculation, plant age, and temperature on translocation of Potato Leafroll Virus into potato tubers. *Am. Potato J.*, 62, 137-143.
- Stöppler, H., E. Kölsch, H. Vogtmann & W. Bätz (1990): Kartoffeln im ökologischen Landbau. *Kartoffelbau*, 41 (12), 448-453.
- Struik, P. C. (1992): Potato cultivation and haulm destruction in the Netherlands. In: imag-dlo (Eds.): Haulm killing and damaging potatoes - Proceedings of the Meeting of the Section Engineering of the EAPR. 6.9.1992, Wieringerwerf, 8-13.
- Suter, H. & S. Keller (1977): Ökologische Untersuchungen an feldbaulich wichtigen Blattlausarten als Grundlage für eine Befallsprognose. *Z. angew. Ent.*, 83, 371-393.
- Takacs, P. A., J. Horvath & G. Kazinczi (2002): Virusinfektionen bei Unkräutern der Nachtschattengewächse in Ungarn. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, Sonderheft 18, 335-338.

-
- Taylor, C. E. & C. G. Johnson (1954): Wind direction and the infestation of bean fields by *Aphis fabae* Scop. *Ann. appl. Biol.*, 41, 107-116.
- Taylor L. R. Taylor, L. R. (Eds.) (1984): A handbook for Aphid Identification.
A handbook for the rapid identification of the alate aphids of Great Britain & Europe.
Harpenden.
- Thieme, T. (1994): Vergleich der Blattlausfänge in verschiedenen Gelbschalen. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd.*, 46 (4), 65-68.
- Thieme, T. (1998): Vektoren des Kartoffelvirus Y (PVY) in Norddeutschland. *Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw.*, Berlin-Dahlem, 357, 297.
- Thieme, T., U. Heimbach, R. Thieme & H.-L. Weidemann (1998): Introduction of a method for preventing transmission of potato virus Y (PVY) in Northern Germany. *Asp. Appl. Biol.*, 52, 25-29.
- Tiedge, H. G. (1985): Kartoffelbau aus betriebswirtschaftlicher Sicht. *Kartoffelbau*, 36 (5), 194-198.
- Timmermann F., W. Übelhör, S. Klinger, G. Schmidt, G. Lindörfer, & J. Dühne (1995): Nitrat Bericht 1991-1994. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg and Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg (Hrsg.), Karlsruhe.
- Todd, J. M. (1961): The incidence and control of aphid-borne potato virus diseases in Scotland. *Eur. Potato J.*, 4, 316-329.
- Tokmakoglu, O. & S. Bombosch (1964): Untersuchungen über die Ursache der Variabilität der Vermehrung von *Aphis fabae* Scop. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, 71, 140-143.
- Turkensteen, L. J., A. Bouman & A. Mulder (1989): Grüne Kartoffeln roden - gegen Krankheiten. *Pflanzenschutz-Praxis*, 3, 13-16.
- Turkensteen, L. J., A. Mulder & A. Bouman (1990): Control of Gangrene and late blight on seed potatoes by a green-crop-harvesting method and application of fungicides and antagonists. *EAPR Abstr.*, 11th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Edinburgh, 86-87.
- Turl, L. A. D. (1980): An Approach to Forecasting the Incidence of Potato and Cereal Aphids in Scotland. *EPPO Bull.*, 10 (2), 135-141.
- Unger, K. & H. J. Müller (1954): Über die Wirkung geländeklimatisch unterschiedlicher Standorte auf den Blattlausbefallsflug. *Züchter*, 24 (11/12), 337-345.
- Valenta, A., G. Goy & R. Wüthrich (2001): Blattlaussituation 2001: Bulletin No. 1. *Blattlauskontrolldienst, Zürich-Reckenh.*, 1.
- Vogt, O. L. R. (1959): Vorkeimen und Frühroden. *Kartoffelbau* (2), 24-27.
- Vogt, O. L. R. (1961): Pflanzkartoffeln aus Hannover. *Kartoffelbau*, 12 (6), 132.

-
- Vömel, A. (1965): Der Versuch einer Nährstoffbilanz am Beispiel verschiedener Lysimeterböden. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 123, 155-188.
- Vulic, M. & B. Arenz (1963): Ausbreitung und Konzentration des Y-Virus in der Kartoffelpflanze bei zeitlich gestaffelten Primärinfektionen. *Bayr. landw. Jb.*, 40, 387-411.
- Walther, U. (1990): Ertrag und Qualität von Kartoffeln in Abhängigkeit des N_{min}-Gehaltes des Bodens sowie des Zeitpunktes und der Höhe der Stickstoffdüngung, I. N_{min}-Gehalte des Bodens und Ertrag. *Landw. Schweiz*, 3 (6), 323-330.
- Wartenberg, H. (1954): Erfahrungen mit Spätpflanzungen (Sommerpflanzungen) und Früh-ernten (Krautziehen) zur Gewinnung gesunder Pflanzkartoffeln. *Dt. Landw.*, 5, 578-581.
- Wartenberg, H., M. Klinkowski & A. Hey (1935): Der Tagesparzellenversuch. *Angew. Bot.*, 17, 74-94.
- Way, M. J. & M. E. Cammel (1973): The problem of pest and disease forecasting - possibilities and limitations as exemplified by work on the bean aphid, *Aphis fabae*. *Proceedings 7th of the British Insecticide and Fungicide Conference*, 933-954.
- Wehmeier, J. (2003): Entwicklung von Blattlauspopulationen in Abhängigkeit von makro- und mikroklimatischen Faktoren. Diplomarbeit am Zoologischen Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Weidemann, H.-L. (1986): Ausbreitung der Kartoffelviren S und M unter Feldbedingungen. *Pot. Res.*, 29, 109-118.
- Weidemann, H.-L. (1988): Importance and control of potato virus Y^N (PVY^N) in seed potato production. *Pot. Res.*, 31, 85-94.
- Weidemann, H.-L. (1990): Die Virusepidemie. *Kartoffelbau*, 41 (3), 92-95.
- Weidemann, H.-L. (1993): Abbaukrankheiten der Kartoffel: Von ökologischen Erklärungsversuchen zur modernen Kartoffelvirologie. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie - Probleme der Umweltforschung in historischer Sicht*, Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Verlag Dr. Friedr. Pfeil, München.
- Wenzl, H. (1954): Frührodung im Saatkartoffelbau - ein Überblick. *Pflanzenarzt*, 7 (8), 2-4.
- Wenzl, H. (1973): Bereinigung von Saatkartoffelbeständen und Stickstoffdüngung. *Pflanzenarzt*, 25, 53-55.
- Werner, W. (1992): Stickstoffnachlieferungspotential landwirtschaftlicher Flächen in Wasserschutzgebieten. *Vortr. Hochschultagung landw. Fak. Univ. Bonn*, 44, 57-67.
- Widdowson, F. V., A. Penny, R. J. Darby, E. Bird & M. V. Hewitt (1987): Amounts of NO₃-N and NH₄-N in soil, from autumn to spring, under winter wheat and their relationship to soil type, sowing date, previous crop and N uptake at Rothamsted, Woburn and Saxmundham, 1979-85. *J. agric. Sci.*, 108, 73-95.

-
- Wiethaler, C., R. Oppermann & E. Wyss (2000): Ökologische Pflanzenzüchtung und biologische Vielfalt von Kulturpflanzen. NABU & Forschungsinstitut für biologischen Landbau (Frick) (Hrg.), Bonn.
- Wigginton, M. J. (1974): Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. *Pot. Res.*, 17, 200-214.
- Wilcockson, S. J., R. L. Griffith & E. J. Allen (1980): Effects of maturity on susceptibility to damage. *Ann. appl. Biol.*, 96, 349-353.
- Winiger, F. A. & S. Bérces (1974): Über einige Zusammenhänge zwischen Virusbefall und Ertrag bei Kartoffelsorten des schweizerischen Richtsortimentes. *Schweiz. landw. Forschung*, 13, 269-285.
- Wislocka, M. (1982): Einfluss der Trockenheit von und zu verschiedenen Zeitpunkten nach Inokulation auf den Knollenbefall der Kartoffelsorte "Uran" mit Kartoffelvirus Y. *Pot. Res.*, 25, 293-298.
- Woodford, J. A. T. (1992): Virus transmission by aphids in potato crops. *Neth. J. Pl. Path.*, 98, 47-54.
- Wulf, B. (1998): Verfahren zur Krautminderung. *Kartoffelbau*, 49 (7), 260-263.
- Zahn, V. (2004): Verändertes Auftreten von Viren - Ergebnisse zur Kartoffelvirustestung der LWK Hannover. *Kartoffelbau*, 55 (11), 394-397.
- Zellner, M. (1996): Einfluß chemischer Maßnahmen auf den Y-Virus-Befall in Pflanzkartoffeln. *Kartoffelbau*, 47 (6), 216-218.
- Zellner, M. (1998): Erfahrungen mit Insektiziden und anderen chemischen Präparaten zur Reduzierung der PVY-Infektion an Kartoffeln. *Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw.*, Berlin-Dahlem, 357, 101.
- Zellner, M. (1999): Möglichkeiten der Virusbekämpfung im Pflanzkartoffelanbau. *Kartoffelbau*, 50 (5), 180-183.
- Zitter, T. A. (1980): Management of viruses by alternation of vector efficiency and by cultural practices. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 18, 289-310.
- Zobelt, U. (1998): Virusvermehrung und -verlagerung. *SUB Heft*, 4-5, 12-16.

9 Anhang

9.1 Statistische Verrechnung

9.1.1 Modell

Beispiel einer Anweisung an SAS für das Merkmal Bruttoertrag mit den Variablen Jahr (j), Region (l), Betrieb (b), Wiederholung (w), Pflanzgutvorbereitung (k) und Behandlung (h):

```
proc mixed data=in covtest;
class j l b w k h;
model y_b=j*j*l*j*k*j*h l k l*k h l*h k*h l*k*h j*l*k j*l*h j*k*h j*l*k*h/ ddfm=satterth;
random w(j*b) k*w(j*b);
lsmeans j*j l*j k*j h l k l*k h l*h k*h l*k*h j*l*k j*l*h j*k*h j*l*k*h;

proc glm data=in noprint;
class j l b w k h;
model y_b=j*j*l*j*k*j*h l k l*k h l*h k*h l*k*h j*l*k j*l*h j*k*h j*l*k*h
w(j*b) k*w(j*b);
output out=res p=ydach rstudent=sres;
proc plot data=res;
title2'Residuen-Schaetzwerte-Plot';
plot sres*ydach /vref=-3 0 3 vpos=30 hpos=60;
proc print data=res; where abs(sres)>3.5;
```

9.1.2 Blattlausfänge

Tab. 36: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Blattlausaufkommen

Varianzursache	Anzahl Blattläuse F-Wert/Signifikanz
Region (R)	118,78 ***
Jahr (J)	94,77 ***
Termin (T)	69,00 ***
R x J	7,35 **
R x T	7,42 ***
J x T	10,58 ***
J x R x T	8,28 ***

Statistische Verrechnung

Tab. 37: Mittelwerte (LSMEANS) und Grenzen des 95 % Konfidenzintervalls der Faktoren Jahr (J), Region (R) und Termin (T) für geflügelte Blattläuse in Gelbschalen

Jahr	Region	Termin	LSMEANS	95 %-Konfidenzintervall	
				untere Grenze	obere Grenze
1999			20b	16,62	24,41
2000			67c	55,29	81,12
2001			13a	10,97	16,49
	SH		13a	10,59	15,56
	NS		54b	42,84	67,05
		1	1a	0,99	1,93
		2	9b	6,65	11,72
		3	15bc	11,09	20,55
		4	11b	8,80	14,41
		5	11b	8,06	14,33
		6	15bc	11,13	20,00
		7	25c	20,27	30,76
		8	26c	19,94	34,66
		9	60d	48,86	73,27
		10	60d	47,61	75,60
		11	52d	40,41	65,75
		12	53d	39,59	71,33
		13	65d	46,00	90,53
		14	72d	53,41	96,21
		15	57d	40,19	79,76
		16	58d	35,56	92,80

9.1.3 Virusbefall

Tab. 38: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Virusbefall mit PVA, PVM, PLRV, PVS und PVX sowie der Summe der leichten und schweren Viren

Varianz- ursache	PVA	PVM ¹	PLRV ¹	PVY	Summe schwer	PVS	PVX ¹	Summe leicht
	F-Wert/Signifikanz							
Behandlung (B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pflanzgutvor- bereitung (P)	n.s.	(6,69*)	(8,42**)	n.s.	n.s.	n.s.	(7,88**)	n.s.
Region (R)	17,39***	n.s.	n.s.	n.s.	18,29***	n.s.	n.s.	n.s.
Jahr (J)	n.s.	(5,14*)	(17,44***)	n.s.	n.s.	n.s.	(8,30**)	n.s.
J x P	n.s.	(6,38**)	(12,81***)	9,53**	4,48*	n.s.	(9,53**)	n.s.
R x P x B	n.s.	n.s.	n.s.	7,48***	n.s.	n.s.	(7,48***)	n.s.
J x R x B	n.s.	n.s.	n.s.	6,22***	n.s.	n.s.	(6,22***)	n.s.
J x R x P x B	n.s.	n.s.	n.s.	4,41***	n.s.	n.s.	(4,41***)	n.s.

keine signifikanten Beziehungen bei allen weiteren Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *=p<0,05, **=p<0,01; ***=p<0,001; n.s.= nicht signifikant

¹: statistisch nicht gesichert (Verteilungsannahmen der Beobachtungswerte (Normalverteilung, Varianzhomogenität) nicht erfüllt, siehe 5.2, S. 48)

9.1.4 Erträge und Sortierung

Tab. 39: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Bruttoertrag, Marktware (35-50 mm) und Drillinge (28 – 35 mm)

Varianzursache	Bruttoertrag	Marktware 35 – 50 mm	Drillinge 28 – 35 mm
	F-Wert/Signifikanz		
Behandlung (B)	28,59 ***	6,75 ***	3,10 *
Pflanzgutvorbereitung (P)	n.s.	n.s.	n.s.
Region (R)	5,50 *	10,56 **	n.s.
Jahr (J)	n.s.	n.s.	n.s.
J x R	8,19 **	4,66 *	n.s.
J x R x B	4,78 ***	n.s.	n.s.

keine signifikanten Beziehungen bei allen weiteren Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *=p<0,05, **=p<0,01; ***=p<0,001; n.s.= nicht signifikant

Statistische Verrechnung

9.1.5 Äußere Knollenbeschaffenheit: Doppelhaut, faule Knollen, grüne Knollen, Kindel

Tab. 40: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Merkmale der äußeren Beschaffenheit des Pflanzgutes (Doppelhautbildung, Fäulnis, Grüne und Kindelbildung)

Varianzursache	Doppelhaut	Faule Knollen	Grüne Knollen	Kindelbildung ¹
	F-Wert/Signifikanz			
Jahr (J)	n.s.	n.s.	n.s.	(4,19 *)
Behandlung (B)	112,87 ***	n.s.	5,41 **	(n.s.)
Pflanzgutvorbereitung (P)	n.s.	n.s.	n.s.	(n.s.)
Region (R)	n.s.	n.s.	n.s.	(n.s.)
J	n.s.	n.s.	n.s.	(4,19 *)
J x B	2,25 *	n.s.	2,78 *	(n.s.)

keine signifikanten Beziehungen bei allen weiteren Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *=p<0,05, **=p<0,01; ***=p<0,001; n.s.= nicht signifikant

¹: statistisch nicht gesichert (Verteilungsannahmen der Beobachtungswerte (Normalverteilung, Varianzhomogenität) nicht erfüllt, siehe 5.5.1, S. 59)

9.1.6 Äußere Knollenbeschaffenheit: *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*Tab. 41: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Merkmale *Rhizoctonia solani* und *Streptomyces scabies*

Varianzursache	<i>Streptomyces scabies</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
	F-Wert/Signifikanz	
Jahr (J)	n.s.	n.s.
Behandlung (B)	4,14 **	3,43 *
Pflanzgutvorbereitung	n.s.	n.s.
Region (R)	21,44 ***	n.s.
J x R	n.s.	3,59 *

keine signifikanten Beziehungen bei allen weiteren Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *=p<0,05, **=p<0,01; ***=p<0,001; n.s.= nicht signifikant

9.1.7 Innere Knollenbeschaffenheit: Keimfähigkeit

Tab. 42: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für die Keimfähigkeit des Pflanzgutes (Anzahl Augen und Triebe)

Varianzursache	Augen	Triebe
	F-Wert/Signifikanz	
Behandlung	n.s.	n.s.
Region	16,43 **	n.s.
Jahr	n.s.	n.s.

keine signifikanten Beziehungen bei den Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$; n.s.= nicht signifikant

9.1.8 Innere Knollenbeschaffenheit: Lagerstabilität

Tab. 43: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor Lagerstabilität mit den Merkmalen Gewichtsverlust, Keimung, Trockenfäule, Nassfäule, Verluste gesamt und dem Befallswert für *Rhizoctonia solani* im Dezember und März

Varianzursache	Gewichtsverlust	Keimung	Trockenfäule	Nassfäule	Verluste gesamt	Rhiz.-Befallswert Dez.	Rhiz.-Befallswert März
	F-Wert/Signifikanz						
Behandlung (B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Region (R)	6,07 *	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Jahr (J)	n.s.	5,82 *	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

keine signifikanten Beziehungen bei den Wechselwirkungen

Irrtumswahrscheinlichkeit *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$; n.s.= nicht signifikant

9.1.9 N_{min}

Tab. 44: Signifikanzniveaus und F-Werte nach varianzanalytischer Verrechnung der Zeitreihen mit der Prozedur „proc mixed“ für den Faktor N_{min}, für die Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und 0-90 cm

Varianzursache	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
	F-Wert/Signifikanz			
Termin (T)	23,40 ***	13,83 ***	10,41 ***	11,32 ***
Behandlung (B)	13,66 ***	8,13 *	10,90 **	23,67 ***
Region (R)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Jahr (J)	7,58 *	n.s.	n.s.	n.s.
T x B	2,74 *	n.s.	n.s.	2,55 *
T x J	4,84 **	n.s.	n.s.	n.s.
J x R	6,76 *	n.s.	n.s.	n.s.
J x R x T	2,72 **	n.s.	n.s.	n.s.

Irrtumswahrscheinlichkeit *=p<0,05, **=p<0,01; ***=p<0,001; n.s.= nicht signifikant

9.2 Witterung

9.2.1 Temperatur, Niederschlag

Tab. 45: Vergleich mittlerer Temperaturen der Monate April und Mai an den Standorte Holtenau (Schleswig-Holstein) und Soltau (Niedersachsen) der Jahre 1999 und 2000

Monat	1999			2000			2001		
	Holtenau	Soltau	Mittel	Holtenau	Soltau	Mittel	Holtenau	Soltau	Mittel
April	8,2	9,4	8,8	9,2	10,1	9,7	6,5	7,2	6,9
Mai	12,0	13,7	12,9	13,2	15,0	14,1	12,1	13,7	12,9

9.2.1.1 Schleswig-Holstein

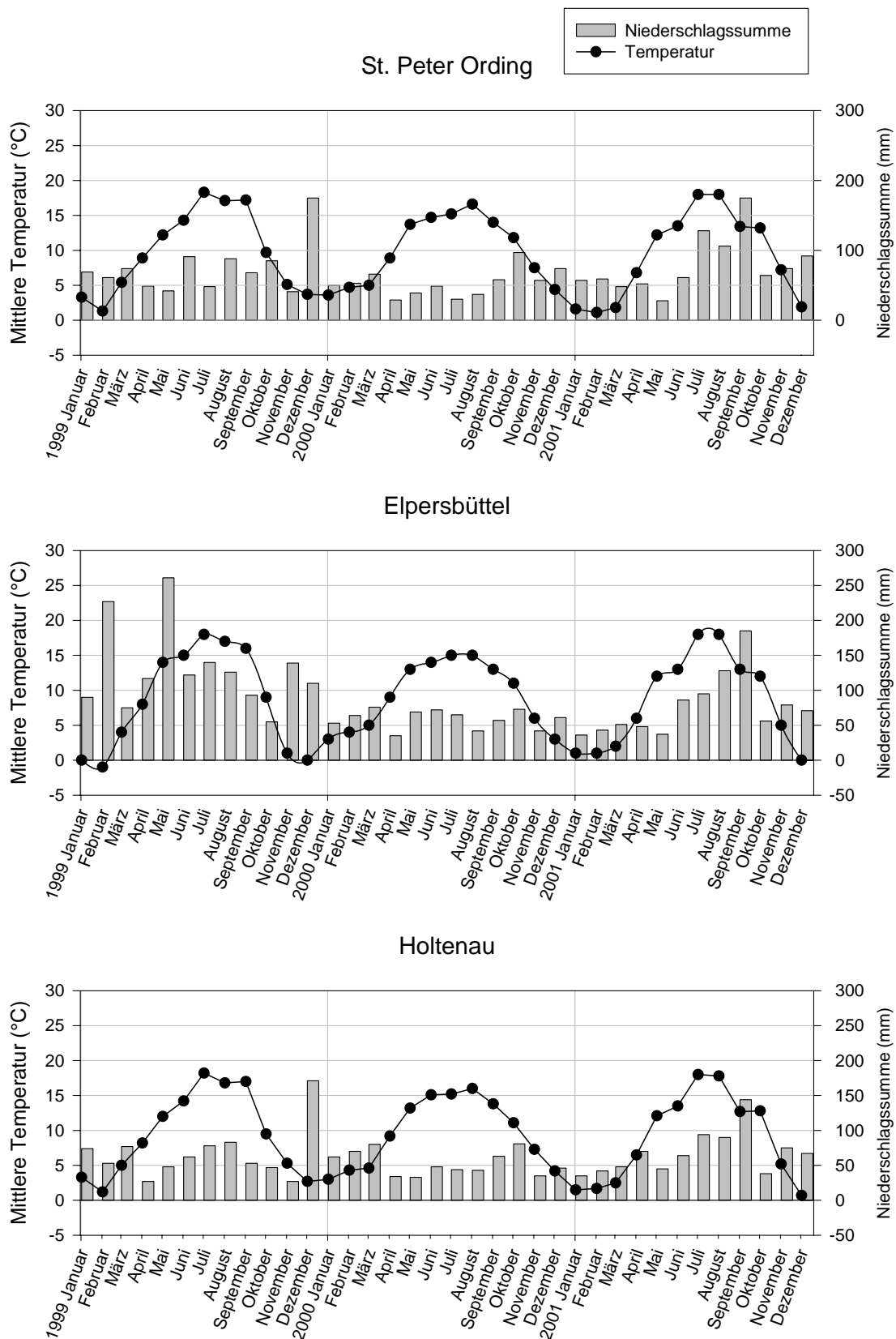


Abb. 42: Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen Elpersbüttel, St. Peter Ording und Holtenau

9.2.1.2 Niedersachsen

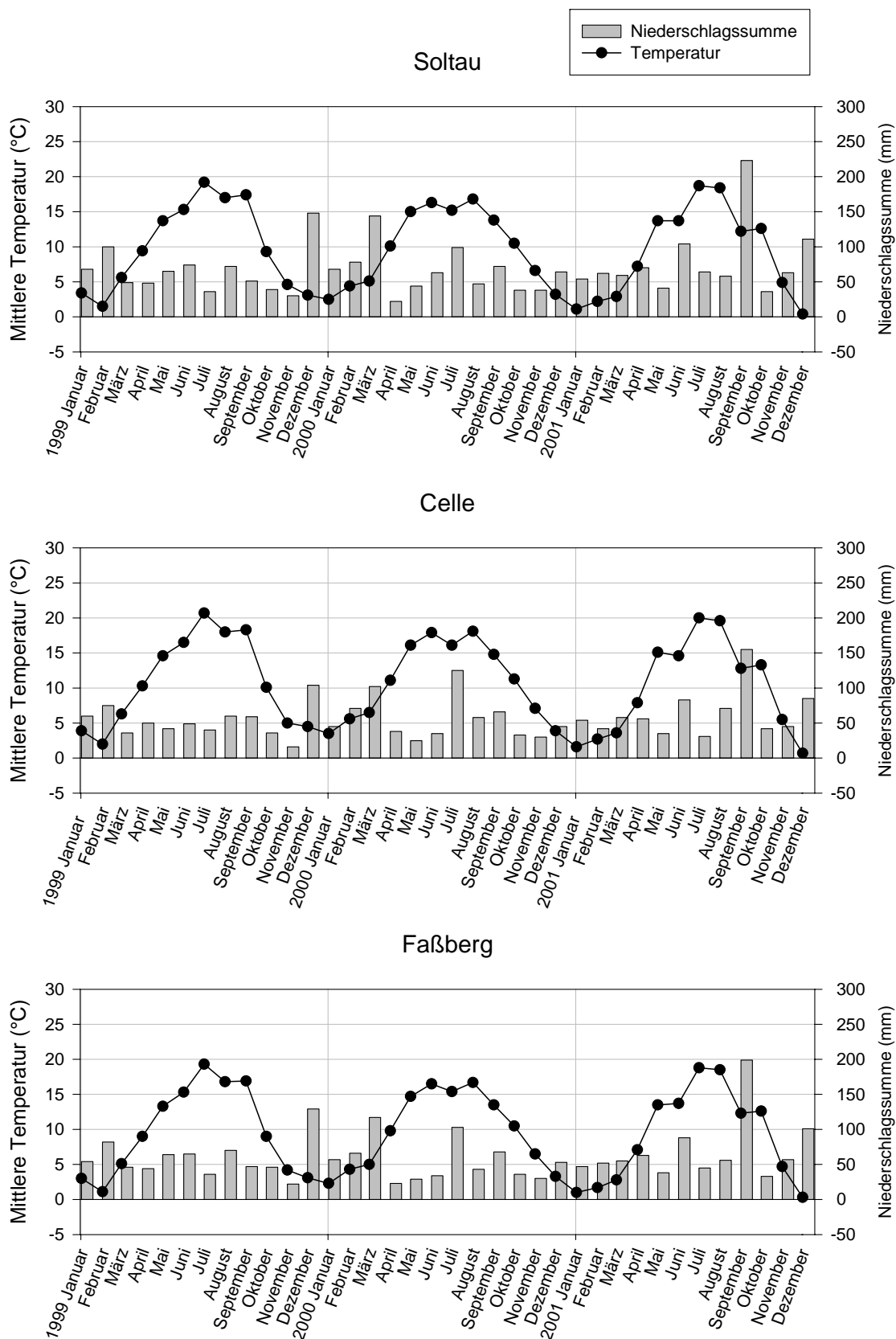
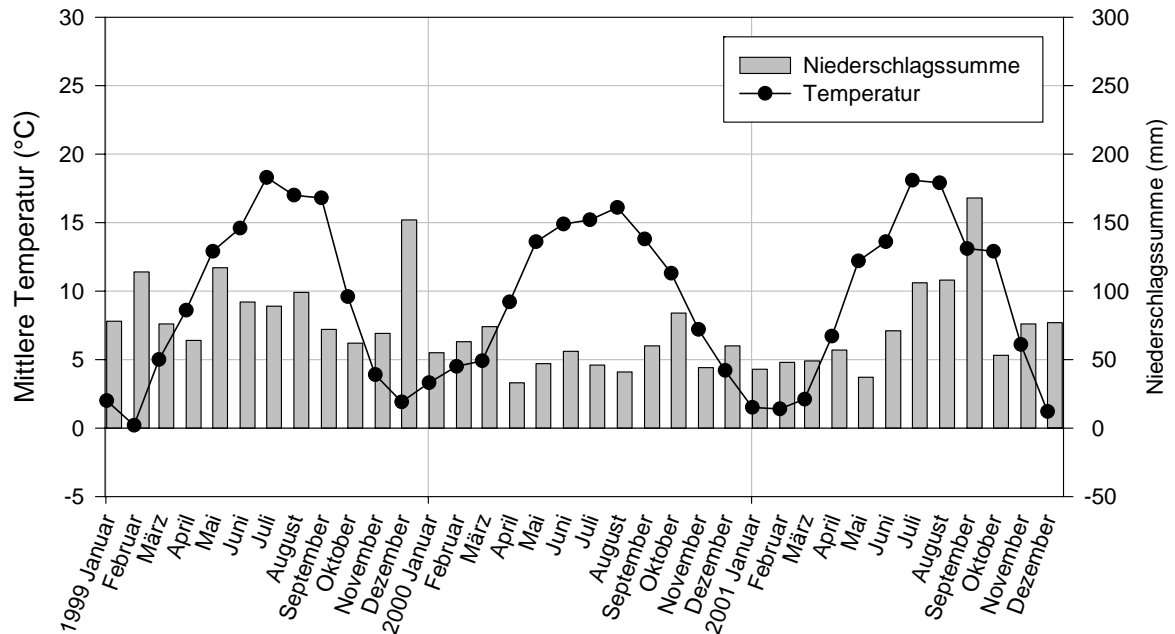


Abb. 43: Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen Soltau, Celle und Faßberg

9.2.1.3 Regionenmittel

Schleswig-Holstein



Niedersachsen

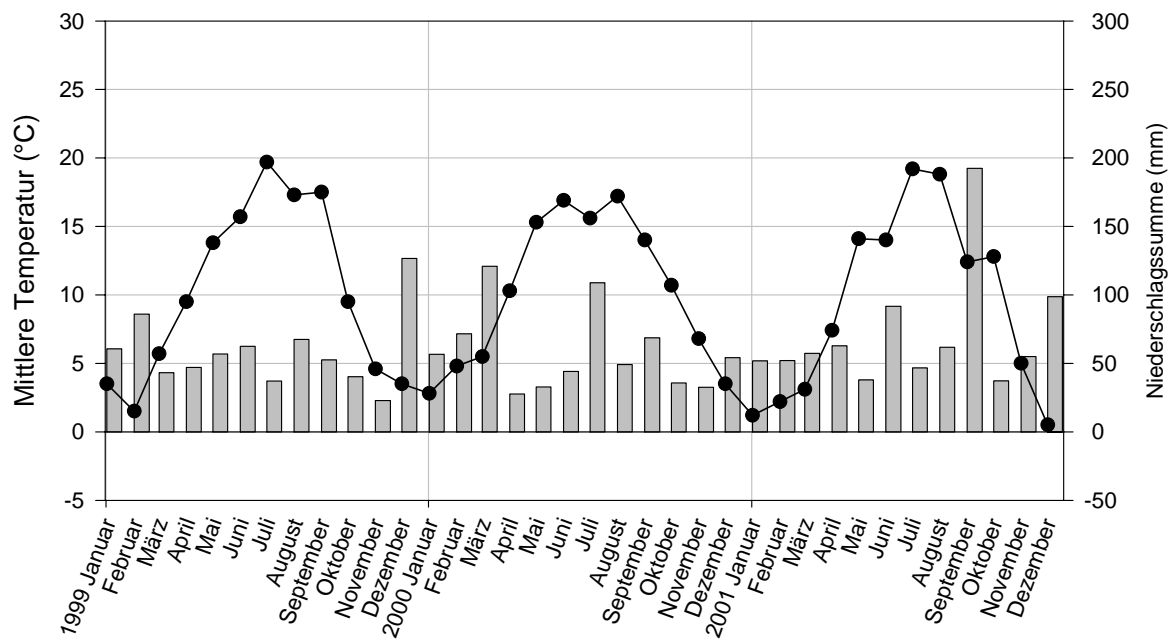


Abb. 44: Monatsmittel der Temperatur und Niederschlagssummen der Wetterstationen in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

9.2.2 Windgeschwindigkeit

9.2.2.1 Schleswig-Holstein

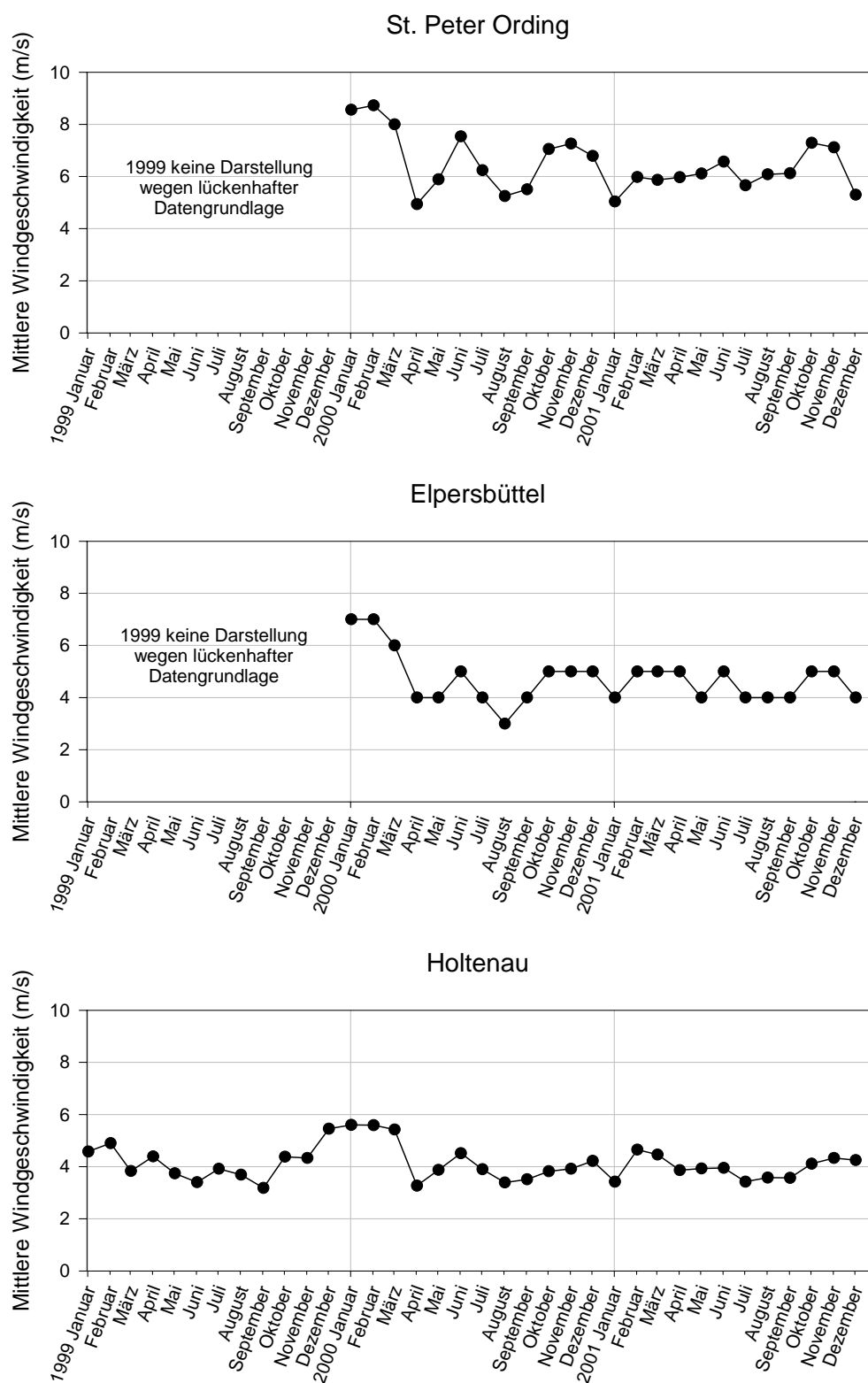


Abb. 45: Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen Elpersbüttel, St. Peter-Ording und Kiel Holtenau

9.2.2.2 Niedersachsen

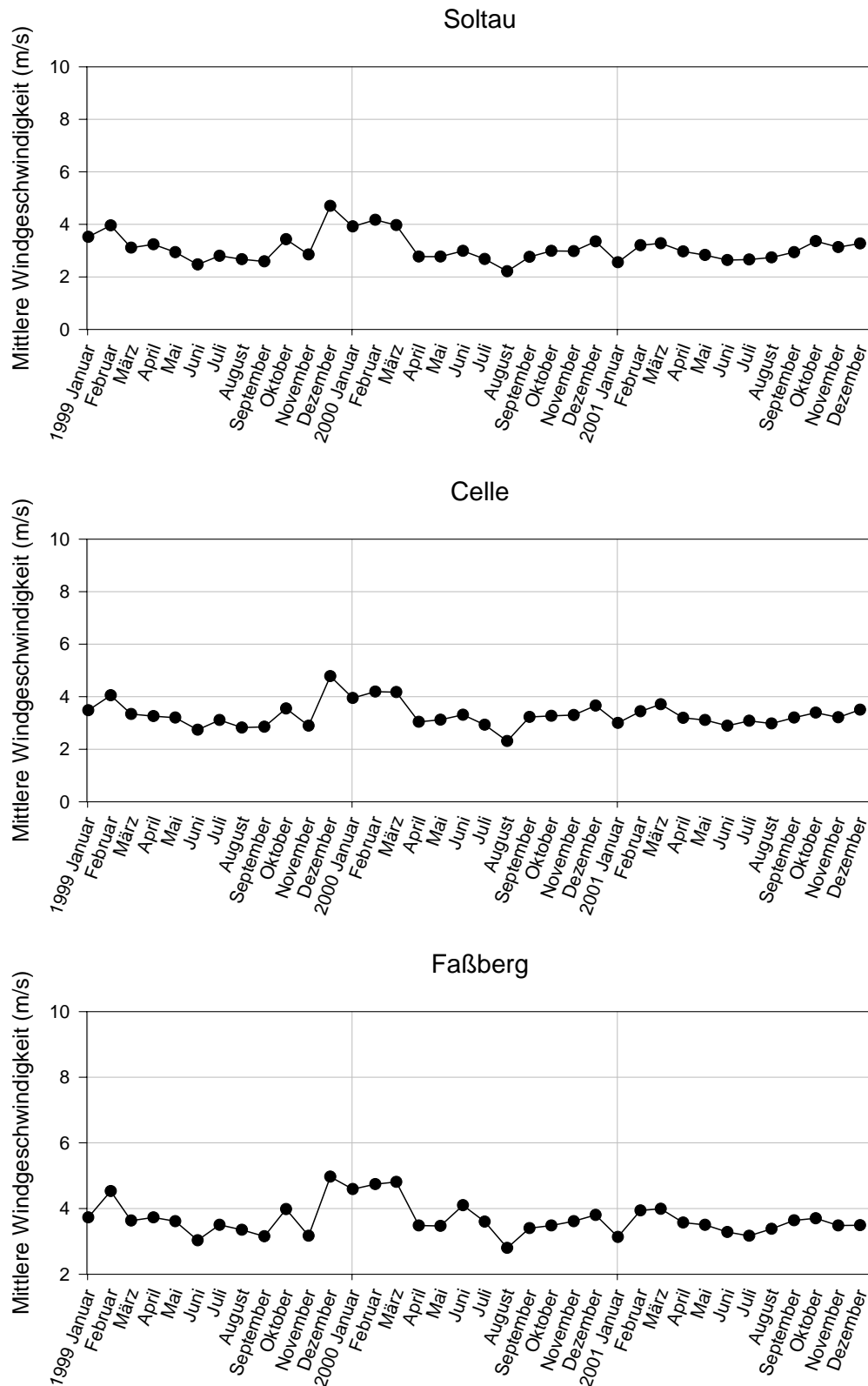


Abb. 46: Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen Soltau, Celle und Faßberg

9.2.2.3 Regionenmittel

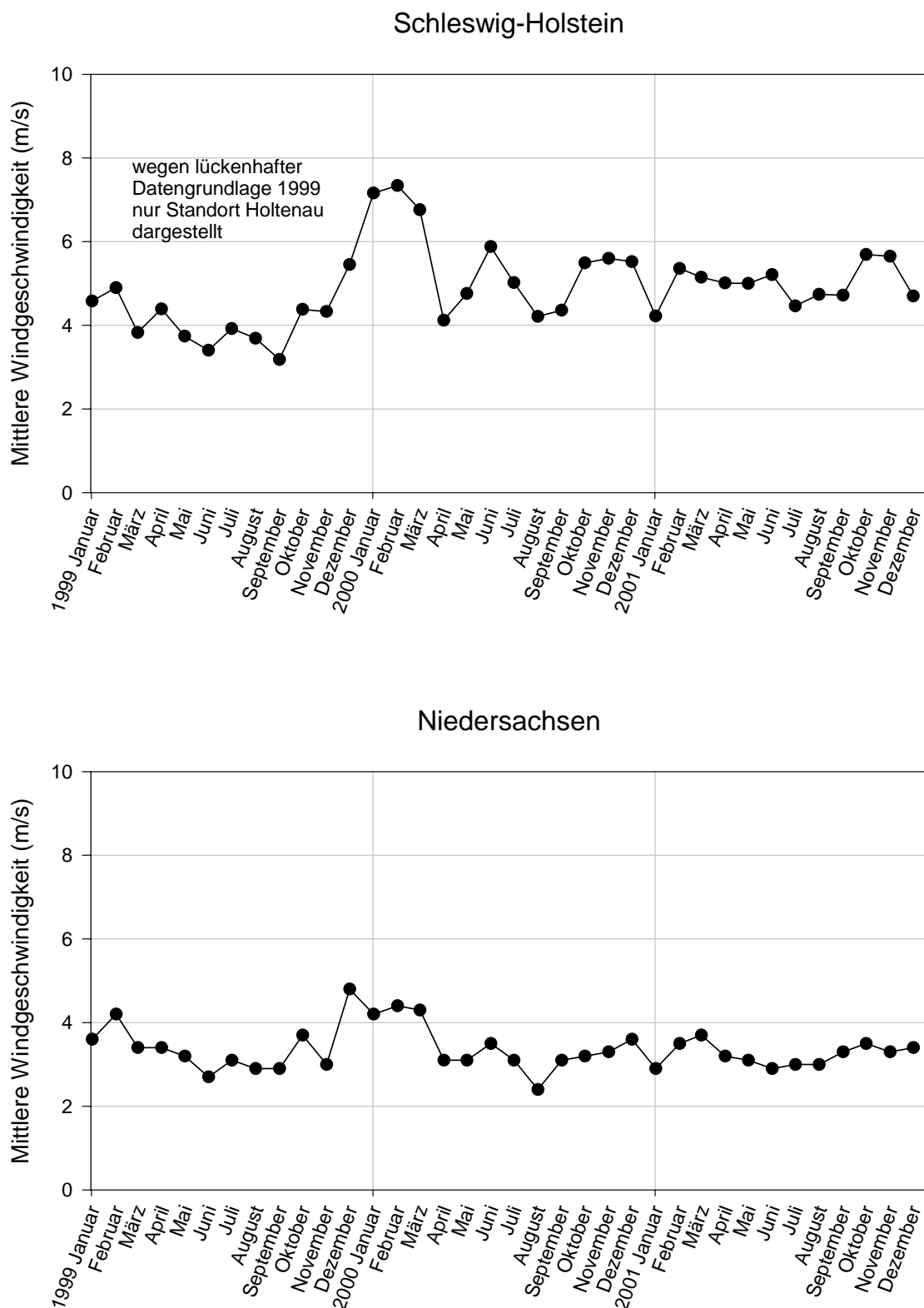


Abb. 47: Mittlere Windgeschwindigkeiten der Wetterstationen in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

9.2.3 Vergleich der Versuchsjahre in Bezug auf klimatische blattlauspopulationsbeeinflussende Faktoren (Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit)

Tab. 46: Temperaturmittel, Niederschlagssummen und Mittlere Windgeschwindigkeiten im Mittel der Standorte in den Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen

	Schleswig-Holstein									Niedersachsen								
	Mittlere Temperatur			Niederschlags-summe			Mittlere Windge-schwindigkeit			Mittlere Temperatur			Nieder-schlags-summe			Mittlere Windge-schwindigkeit		
	°C			mm			Ms			°C			mm			ms		
Jahr	'99	'00	'01	'99	'00	'01	'99	'00	'01	'99	'00	'01	'99	'00	'01	'99	'00	'01
Januar	2,0	3,3	1,5	78	55	43	3,96	7,16	4,22	3,5	2,8	1,2	60,5	56,6	51,9	1,1	4,2	2,9
Februar	0,2	4,5	1,4	114	63	48	4,25	7,34	5,36	1,5	4,8	2,2	85,9	71,5	52,0	4,2	4,4	3,5
März	5,0	4,9	2,1	76	74	49	5,63	6,76	5,15	5,7	5,5	3,1	43,2	121	57,3	3,4	4,3	3,7
April	8,6	9,2	6,7	64	33	57	6,24	4,12	5,01	9,5	10,3	7,4	47,0	27,6	62,8	3,4	3,1	3,2
Mai	12,9	13,6	12,2	117	47	37	5,74	4,76	5,00	13,8	15,3	14,1	56,9	32,8	37,9	3,2	3,1	3,1
Juni	14,6	14,9	13,6	92	56	71	5,41	5,88	5,21	15,7	16,9	14,0	62,4	44,1	91,7	2,7	3,5	2,9
Juli	18,3	15,2	18,1	89	46	106	5,55	5,02	4,46	19,7	15,6	19,2	37,0	109	46,6	3,1	3,1	3,0
August	17,0	16,1	17,9	99	41	108	5,39	4,21	4,74	17,3	17,2	18,8	67,5	49,2	61,7	2,9	2,4	3,0
September	16,8	13,8	13,1	72	60	168	5,36	4,36	4,72	17,5	14,0	12,4	52,5	68,7	192	2,9	3,1	3,3
Oktober	9,6	11,3	12,9	62	84	53	6,07	5,49	5,69	9,5	10,7	12,8	40,3	35,6	37,2	3,7	3,2	3,5
November	3,9	7,2	6,1	69	44	76	5,84	5,60	5,65	4,6	6,8	5,0	22,8	32,5	54,9	3,0	3,3	3,3
Dezember	1,9	4,2	1,2	152	60	77	5,34	5,52	4,70	3,5	3,5	0,5	127	54,1	98,7	4,8	3,6	3,4
Jahres-mittel	9,2	9,8	8,9	90	55	74	5,40	5,52	4,99	10,1	10,3	9,2	58,6	58,5	70,4	3,4	3,4	3,2

9.3 Standortbeschreibung

9.3.1 Bewertung der Versuchsflächen nach Windoffenheit

Tab. 47: Bewertung der Versuchsflächen in Schleswig-Holstein auf „Windoffenheit“

Betrieb	Jahr	Richtungen an-grenzender Abdeckung	Art der Abdeckung	Entfernung in m	Beurteilung
1	1999	Keine			windoffen
	2000	Keine			windoffen
	2001	Keine			windoffen
2	1999	SW	Mischwald	50	rel. windoffen
	2000	Keine			windoffen
3	1999	S	Hofgelände	100	windoffen
	2000	S	Deich	50	windoffen
	2001	Keine			windoffen
4	2001	Keine			windoffen
5	1999	O	Knick	0	rel. windoffen
	2000	W, O	Knick	0	rel. windoffen
	2001	W	Knick	0	rel. windoffen
6	2000	W, O	Knick	0	rel. windoffen
	2001	W	Knick	0	rel. windoffen

Tab. 48: Bewertung der Versuchsflächen in Niedersachsen auf „Windoffenheit“

Betrieb	Jahr	Richtungen an-grenzender Abdeckung	Art der Abdeckung	Entfernung in m	Beurteilung
7	1999	SW, NO	Kiefernwäldchen	10	rel. windgeschützt
	2000	N	Kiefernwäldchen	0	rel. windgeschützt
	2001	SW	Kiefernwäldchen	0	rel. windgeschützt
8	1999	W, O	Nadelwald	20	rel. windgeschützt
	2000	keine			rel. windoffen
	2001	SW	Friedhof	10	rel. windoffen
9	1999	W	Einzelne Bäume, Gebüsch	0	rel. windoffen
	2000	W, O	Wald, Gehölz	0-10	rel. windgeschützt
10	1999	O	Bäume, Gebüsch (Ortschaft)	0	rel. windoffen

9.3.2 Versuchsanlage

nvk		vk		nvk		vk	
Rand - 24 Reihen		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Kontrolle		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Krautschlagen		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden I		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden II		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Kontrolle		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Krautschlagen		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden I		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden II		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Kontrolle		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Krautschlagen		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden I		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden II		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Kontrolle		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Krautschlagen		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden I		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Grünroden II		8 Reihen		8 Reihen		8 Reihen	
Rand - 24 Reihen							

Abb. 48: Versuchsanlage mit den Varianten Kontrolle (K), Krautschlagen (KS), frühem Grünroden (GR1) und spätem Grünroden (GR2) mit vorgekeimtem (vk) und nicht vorgekeimtem (nvk) Pflanzgut in zweifacher Wiederholung.

9.3.3 Termine der Krautminderung

9.3.3.1 1999

Tab. 49: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 1999 (Vegetationstage/EC-Stadium)

Be- trieb	Vorkeimen		Pflan- zen	Krautschlagen			Grünroden früh (GR 1)			Grünroden spät (GR 2)			Kontrolle abgestorben / geschlagen	
	Datum	Anz. Tage		Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage
1	13.3.	41	23.4.	2.8.	101	>91	2.8.	101	>91	9.8.	108	>91	9.8.	108
2	27.3.	31	27.4.	19.7.	83	91	19.7.	83	91	3.8.	98	>91	9.8.	104
3	15.0 3.	21	5.4.	27.7.	113	91	21.7.	107	92	5.8.	122	95	>9.8.	126
5	n.d.	/	30.4.	30.7.	91	92	30.7.	91	92	11.8.	103	95	9.8.	101
7	17.3.	34	20.4.	14.7.	85	>95	14.7.	85	>95	27.7.	98	100	27.7.	98
8	2.4.	18	20.4.	9.7.	80	91	9.7.	80	91	24.7.	95	93	>9.8.	111
9	3.4.	23	26.4.	n.d.	/	/	15.7.	80	92	4.8.	100	95	>9.8.	105
10	13.3.	37	nvk: 4.4. vk: 19.0 4.	n.d.	/	/	13.7.	100 85	93	n.d.	/	/	27.7.	114 99
Mit- tel		29			92			90			103			107

9.3.3.2 2000

Tab. 50: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 2000 (Vegetationstage/EC-Stadium)

Be- trieb	Vorkeimen		Pflan- zen	Krautschlagen			Grünroden früh (GR 1)			Grünroden spät (GR 2)			Kontrolle ab- gestorben / geschlagen	
	Datum	Anz. Tage		Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage
1	2.3.	49	22.4.	27.7.	95	91	27.7.	95	91	9.8.	108	>91	10.8.	109
2	10.4.	26	8.5.	27.7.	79	91	27.7.	79	91	n.d.	/	/	7.8.	90
3	31.3.	10	10.4.	21.7.	101	93	21./2 6.7.	101/ 106	93	n.d.	/	/	7.8.	118
5	22.3.	41	2.5.	31.7.	89	91	2.8.	91	91	15.8.	104	91	11.8.	100
6	22.3.	41	2.5.	31.7.	89	93	31.7.	89	93	15.8.	104	95	11.8.	100
7	15.3.	36	20.4.	18.7.	88	91	18.7.	88	91	n.d.	/	/	21.7.	91
8	4.4.	21	nvk: 13.4. vk: 25.4.	15.7.	92 80	91	15.7.	92 80	91	4.8.	112 100	93	15.8.	123 111
9	n.d.		20.4.	20.7.	90	91	20.7.	90	91	8.8.	109	>95	15.8.	116
Mit- tel		37			102			103			106			120

9.3.3.3 2001

Tab. 51: Termine des Vorkeimens, des Pflanzens, der Krautminderung und des Absterbens auf den Versuchsflächen im Jahre 2001 (Vegetationstage/EC-Stadium)

Be- trieb	Vorkeimen		Pflan- zen	Krautschlagen			Grünroden früh (GR 1)			Grünroden spät (GR 2)			Kontrolle abgestorben / geschlagen	
	Datum	Anz. Tage	Datum	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage	EC	Datum	Veg. Tage
1	10.4.	25	5.5.	2.8.	89	92	2.8.	89	92	n.d.	/	/	8.8.	95
3	15.4	21	6.5.	2.8.	88	95	2.8.	88	95	21.8.	107	>95	22.8.	108
4	30.3.	39	8.5.	2.8.	86	93	2.8.	86	93	n.d.	/	/	8.8.	92
5	29.3.	43	11.5.	31.7.	81	93	31.7.	81	93	20.8.	101	>93	23.8.	104
6	29.3.	43	11.5.	31.7.	81	95	31.7.	81	95	20.8.	101	100	10.8.	91
7	15.3.	37	21.4.	25.7.	95	93	24.7.	93	93	7.8.	108	>93	9.8.	110
8	7.4.	22	29.4.	27.7	89	91	27.7.	89	91	8.8.	101	95	24.8.	117
Mittel		35			87			87			103			102

9.3.4 Bewirtschaftung**9.3.4.1 1999:**

Tab. 52: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 1999

Betrieb	Bodenbearbeitung Pflanztermin	Pflanzabstand / Reihenabst. [cm]	Pflege- maßnahmen	pflanzenschutz Datum, Aufwandmenge [g/ha]	Beregnung [mm]
1	03.04. pflügen 23.04. eggen 23.04. pflanzen	25 / 75	19.05. häufeln 27.05. häufeln 14.06. häufeln 27.06. häufeln	CuOH 08.07. – 700 17.07. – 700	
2	27.04. pflanzen	38 / 75	13.05. häufeln 20.05. häufeln 08.06. häufeln		
3	pflügen 04.04. eggen 05.04. pflanzen	29 / 75	09.05. häufeln 27.05. striegeln	CuOH 14.06. - 400 21.06. - 400 15.06. - 400 05.07. - 400	
5	09.04. Grubbern 26.04. Boden separieren 30.04. pflanzen	39, 32 / 75	20.05. hacken 21.05. hacken, striegeln 28.05. hacken 04.05. hacken 16.06. häufeln	CuOH 06.07. - 440 18.07. - 550 25.07. - 550	
7	24./23.03. fräsen 12.04. pflügen 20.04. pflanzen	39 / 75	06.05. häufeln 12.05. striegeln 18.05. hacken 20.05. striegeln 25.05. striegeln 02.06. damm- formen	CuOH 23.06./ 30.06./ 16.07. insges. 2000	
8	pflügen 20.04. pflanzen	30 / 75	03.05. striegeln 10.05. striegeln 17.05. häufeln 26.05. striegeln 31.05. hacken 07.06. häufeln		2x 30 mm im Juni
9	eggen Grubbern 24.04. pflügen 26.04. pflanzen	38 / 75	04.05. – 15.06. häufeln und striegeln		
10	Grubbern 02.04. pflügen 04.04. fräsen 04.04. pflanzen (nvk) 19.04. pflanzen (vk)	39 / 75	23.04. häufeln 03.05. häufeln 10.05. häufeln 18.05. häufeln 26.05. häufeln		1x 25 mm

9.3.4.2 2000:

Tab. 53: Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 2000

Betrieb	Bodenbearbeitung Pflanztermin	Pflanzabstand / Reihenabst. [cm]	Pflege- maßnahmen	pflanzenschutz Datum Aufwandmenge [g/ha]	Beregnung [mm]
1	pflügen 23.04. eggen 22.04. pflanzen	26,5 / 75	12.05. fräsen 23.05. häufeln	Proradix CuOH 02.07. – 1200 17.07. – 1200	
2	Okt.'99 pflügen Apr.'00 eggen 08.05. pflanzen	38 / 75	30.05. fräsen		
3	pflügen 10.04. eggen 10.04. pflanzen	24 / 75	04.05. häufeln 15.05. häufeln 15.07. Selektieren	Proradix CuOH 10.06. – 600	
5	29.01.1. pflügen 06.04. grubbern 26.04. Boden separieren 02.05. pflanzen	33,5 / 75	19.05. häufeln 13.06. häufeln	CuOH 23.07. – 500 27.07. – 600	
7	30.03. fräsen 07.04. fräsen 10.04. pflügen 20.04. pflanzen	28 / 75	01.05. häufeln 03.05. striegeln 05.05. hacken 08.05. striegeln 13.05. striegeln 20.05. hacken	CuOH vor 11.07. – 1200	
8	29.03. pflügen 06.04. eggen 11.04. pflügen 13.04. pflanzen (nvk) 25.04. pflanzen (vk)	30 / 75	02.05. striegeln 10.05. häufeln 17.05. striegeln 23.05. hacken 05.06. häufeln	CuOH 30.06. – 900	2x 30 mm
9	14.04. pflügen 20.04. pflanzen	28 / 75	05.05. – 22.06. häufeln und striegeln 13.06. selektieren	FZB 20.04. – 200 CuOH 04.07. – 1200	3x 20 mm

9.3.4.3 2001:

Tab. 54: Betriebsübliche Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen im Jahr 2001

Betrieb	Bodenbearbeitung Pflanztermin	Pflanzabstand / Reihenabst. [cm]	Pflege- maßnahmen	pflanzenschutz Datum Aufwandmenge [g/ha]	Beregnung [mm]
1	25.04. pflügen 04.05. eggen 05.05 pflanzen	26 / 75	22.05-30.06 häufeln	CuOH 30.06 - 750 17.07 - 900	
3	18.04. pflügen 03.05. eggen 04.05 pflanzen	30 / 75	18.05-01.07 häufeln und striegeln	CuOH 27.06 - 750 12.07 - 750	
4	Jan. pflügen 25.04 drainiert 04.05 grubbern 07.05 grubbern 08.05 eggen 08.05 pflanzen	26 / 75	14.06.-05.07 häufeln und striegeln	Phytonit + Agro- bac L.S. 08.05 - 500 CuOH 29.06 - 500	
5	11.05 pflanzen	30 / 75	31.05-26.06 häufeln und hacken	CuOH 17.07 - 600 25.07 - 600	
7	16.03. fräsen 01.04. grubbern 02.04. fräsen 04.04 pflügen 21.04. pflanzen	33 / 75	03.05-12.06. häufeln, strie- geln und hacken 11.06, 25.06. selektieren		
8	Febr. fräsen März eggen 23.04. pflügen 29.04 pflanzen	28 / 75	08.05-12.06. häufeln, strie- geln und hacken	Funguran 05.07/17.07 - 2500 CuOH 28.06 - 350	

9.3.5 Beurteilung der Pflanzgutvorbereitung

Tab. 55: Beurteilung der Pflanzgutvorbereitung für die Variante Vorkeimen der Jahre 1999-2001

Betrieb	Jahr	Nicht vorgekeimt	keimgestimmt	vorgekeimt
1	1999			X
	2000			X
	2001			X
2	1999		X	
	2000		X	
3	1999		X	
	2000		X	
	2001		X	
4	2001			X
5	1999	X ¹⁾		
	2000			X
	2001			X
6	2000			X
	2001			X
7	1999		X	
	2000		X	
	2001		X	
8	1999			X
	2000			X
	2001			X
9	1999			X
	2000	X ²⁾		
10	1999			X

¹⁾ Pflanzgut so spät geliefert, dass ein Vorkeimen nicht mehr möglich war

²⁾ keine Behältnisse zum Vorkeimen vorhanden

Danksagung

Neben den vielen anderen, die hier nicht persönlich genannt wurden, aber mit vielen Kleinigkeiten zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben, möchte ich mich herzlich bedanken bei:

dem Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BLE, Bonn) für die Finanzierung des Forschungsprojektes,

meinen Eltern Antje und Udo Fittje, die meine beruflichen Entscheidungen und mein Studium stets mitgetragen und unterstützt haben,

meinem Lebenspartner Thomas Beckmann für unzählige Stunden der Anteilnahme, Inspiration und Diskussion, sowie den verlässlichen nicht nur technischen Rückhalt in kleinen und großen Notlagen,

Dr. Herwart Böhm für die langjährige wohlwollende Begleitung meiner Arbeiten, auf dessen Rat, Sachverstand, Ermutigung und Bereitschaft zu wissenschaftlichen Diskurs ich mich stets verlassen konnte und die vielen nützlichen Hinweise und Anmerkungen,

Prof. Dr. Friedhelm Taube für die Überlassung des Themas, fachliche Anregungen und Diskussionsbereitschaft,

Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet (Institut für Phytopathologie) für die Übernahme des Ko-referates,

den am Projekt beteiligten Betriebsleitern Claus Dührsen, Rolf Hach, Rainer Carstens, York Wollatz, Christian Baden, Hans-Heinrich Alvermann, Ulrich Marwede, Karsten Ellenberg für Interesse, Mitgestaltung, Gesprächsbereitschaft, Vertrauen, Verständnis und die vielen Stunden Mehrarbeit, die ihnen die Versuchsarbeiten bescherten,

Romana Holle und Götz Daniel (Versuchs- und Beratungsring Ökologischer Landbau Schleswig-Holstein e.V., Rendsburg) für die praktisch-kompetente fachliche Begleitung des Projektes,

Dr. Rolf Peters und Burkhard Wulf (KTBL-Versuchsstation, Dethlingen) für die Vermittlung des technischen Know-hows, die Bereitstellung von Maschinen und die organisatorische Unterstützung beim Transport während der Erntearbeiten,

Firma Samka (Vejle, Dänemark) für die Bereitstellung des Roders im Jahr 2000 und 2001,

Dr. G. Rave für die langjährige Beratung bei der statistischen Auswertung meines umfangreichen Datenfundus',

Sabine Mues (Versuchsbetrieb Lindhof) für die Bereitstellung von Versuchstechnik und Betriebskräften, sowie das Einpassen der Versuchsarbeiten in den Betriebsablauf,

meinen Kollegen im Institut, besonders Dr. Ralf Loges, Dr. Antje Herrmann, Dr. Martin Gierus, Dr. Helge Neumann, Dr. Stefan Wichmann, Dr. Sonja Dreyman, Dr. Iris Ruhe, Anne Jaekel, Karin Rahn für fachliche Hilfe, kollegiale Unterstützung, Austausch und die vielen kleinen Gefälligkeiten, die den wissenschaftlichen Alltag erleichtern,

Susanne Braun, Marita Krumbholz, Karin Makoben, Gunda Schnack für verlässliche Hilfe und gute Zusammenarbeit im Labor,

Thomas Ehmsen für effektiv schlagkräftige Unterstützung bei den Boden-Probenahmen,

meinen zahlreichen wissenschaftlichen Hilfskräften ganz besonders Julia Wehmeier, Vera Kuprat und Carola Haak für Ihre Tatkraft, Eigeninitiative und viel Ausdauer bei den langwähren und umfangreichen Probenahmen,

Monica Bruisch, Bärbel Wohnsen und Erwin Danklefsen (Pflanzenzüchtung, Gewächshaus) für die Unterstützung bei der Pflege der Augenstecklinge,

Frau Dr. Schleich-Saidfar und Frau Gladenbek (Amt für ländliche Räume Kiel, Pflanzenschutz, Virologie) für Hilfe und Rat bei der Etablierung des ELISA-Testverfahrens,

Dr. Christoph Plieth (Zentrum für Biochemie und Molekularbiologie, CAU Kiel) für seinen Einsatz und das Entgegenkommen bei der Nutzung des Pipettierroboters im Winter 2001,

Dr. Thomas Nemecek (Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, Schweiz) und Dr. Thomas Hebeisen (Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie & Landbau, Zürich, Schweiz) für die Einführung in das Prognosemodell „TuberPro“ und Rat und Unterstützung bei den Berechnungen,

Dr. Richard Harrington (Division of Plant and Invertebrate Ecology, Rothamsted Research, Harpenden, UK) für die Vermittlung an Dr. Edgar Schliephake (Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Aschersleben) der mir sein Datenmaterial zum Blattlausfang und Witterung zur Verfügung stellte, was mir die Verrechnung der eigenen Versuchsergebnisse mittels „Tuber Pro“ ermöglicht hat,

Prof. Dr. Gerhard Lauenstein (Landwirtschaftskammer Oldenburg, Pflanzenschutzamt), Dr. Volker Zahn (Landwirtschaftskammer Hannover, Pflanzenschutzamt) und ganz besonders Walter Rieckmann (Landwirtschaftskammer Hannover, Blattlauswarndienst), für Austausch, Rat, Anregung und Dialog in Zusammenhang mit Versuchsanlage, Probenahme und Interpretation meiner Ergebnisse,

Lebenslauf

Persönliche Daten		Susanne Fittje, geboren am 1. Juni 1970 in Bremen, deutsche Staatsangehörigkeit, ledig
Schulausbildung	‘76-‘90	Abschluss Abitur am 21.06.1990 im Schulzent- rum des Sekundarbereichs II Huchting, Bremen
Berufliche Qualifikation	9‘90-7‘91	Freiwilliges ökologisches Jahr (FöJ), Landwirt- schaftskammer Weser-Ems, Oldenburg
	8‘91-9‘92	Betriebspraktikum auf dem Bioland-Betrieb von H. Meyer-Toms, Schwarme
Studium	10‘92-2‘99	Studium der Agrarwissenschaften an der CAU Kiel, Fachrichtung Landschaftsentwicklung, Abschluss: Diplom Agraringenieurin Diplomarbeit „Vergleichende Untersuchungen zum Virusbefall in der Kartoffel- Pflanzguterzeugung bei ökologischer und kon- ventioneller Bewirtschaftung“
Berufliche Tätigkeit	3‘99-6‘02	Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Ökologischer Landbau, heute Grünland und Fut- terbau / Ökologischer Landbau, im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der CAU Kiel, FuE Projekt „Optimierung der Kartoffel- Pflanzguterzeugung im Ökologischen Landbau durch den Einsatz des 'Dreigeteilten Erntever- fahrens' (Grünroden)“, Abschluß Promotion am 12.02.2009
	10‘02-1‘04	Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Universität Kassel im Fachbereich 11 (Ökologische Agrar- wissenschaften), Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, BÖL Projekt „Vermeidung von Viruserkrankungen (Möhrenröte) im ökologi- schen Möhrenanbau“
	4‘04-9‘04	Praktikantin beim Versuchs- und Beratungsring ökologischer Landbau Schleswig-Holstein e.V.
	9‘04-5‘07	Arbeit an der Dissertation, u.a. Einbeziehung des Prognosemodells „TuberPro“, Forschungs- anstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, Schweiz
	6‘07-4‘08	Landwirtschaftstechnische Angestellte am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Au- gustenberg, Außenstelle Donaueschingen
	5‘08-8‘08	Anbauberaterin für ökologischen Kartoffelbau bei NORIKA, Nordring- Kartoffelzucht- und Vermehrungs- GmbH, Groß Lüsewitz